ATLAS PHOTOGRAPHIQUE
DE LA LUNE

PUBLIÉ PAR L'OBSERVATOIRE DE PARIS

EXÉCUTÉ

PAR

M. M. LŒWY
SOUS-DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE

M. P. PUISEUX
ASTRONOME ADJOINT À L'OBSERVATOIRE

PREMIER FASCICULE

COMPRENANT

1° Mémoire sur la constitution de l'écorce lunaire;
2° Planche A. — Image obtenue au foyer du grand équatorial coudé;
3° Planches I à V. — Héliogravures d'après les agrandissements sur verre de trois clichés des années 1894 et 1895.



PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M DCCC XCVI

ATLAS PHOTOGRAPHIQUE

DE LA LUNE

PUBLIÉ PAR L'OBSERVATOIRE DE PARIS

ATLAS PHOTOGRAPHIQUE
DE LA LUNE

PUBLIÉ PAR L'OBSERVATOIRE DE PARIS

EXÉCUTÉ

PAR

M. M. LŒWY
SOUS-DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE

M. P. PUISEUX
ASTRONOME ADJOINT À L'OBSERVATOIRE

PREMIER FASCICULE

COMPRENANT

1° Mémoire sur la constitution de l'écorce lunaire;
2° Planche A. — Image obtenue au foyer du grand équatorial coudé;
3° Planches I à V. — Héliogravures d'après les agrandissements sur verre de trois clichés des années 1894 et 1895.



PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

M DCCC XCVI

ATLAS PHOTOGRAPHIQUE
DE LA LUNE
PUBLIÉ PAR L'OBSERVATOIRE DE PARIS.

ÉTUDES
FONDÉES SUR LES PHOTOGRAPHIES DE LA LUNE
OBTENUES AU GRAND ÉQUATORIAL COUDÉ.

CHAPITRE PREMIER.
INTRODUCTION.

L'état présent et passé de la surface de la Lune, les conditions plus ou moins favorables qu'elle peut offrir aux diverses manifestations des forces naturelles forment un des chapitres de l'astronomie physique qui ont provoqué le plus de recherches et excité dans le public l'intérêt le plus soutenu. Dès le début de l'invention des lunettes, on s'est occupé de représenter sur des cartes tous les détails qui ont pu être relevés avec certitude. De nombreuses publications se sont succédé, chacune mettant à profit les plus récents progrès des instruments d'optique. Mais la discussion de l'ensemble des documents, tout en mettant en lumière nombre de faits instructifs, a déçu les espérances de la première heure. Tous les traits importants du relief sont aujourd'hui bien connus, ceux du moins que la convexité de la Lune ne dérobe pas à notre vue. Mais pendant que le Soleil, quatre cents fois plus éloigné, offre à l'observateur un théâtre d'activité incessante, la Lune semble figée dans une éternelle immobilité. Les changements que les premiers observateurs ont cru y remarquer ont dû être mis sur le compte d'erreurs de mesure ou de dessin. S'il en est quelques-uns dont la réalité est demeurée probable à la suite des investigations patientes de Mädler et de Schmidt, tous portent sur des détails trop délicats et d'une interprétation trop douteuse pour que l'on puisse dire dans chaque cas quelles forces physiques sont intervenues et quel a été leur mode d'action.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Instruits par l'expérience, les sélénographes doivent se proposer aujourd'hui un but plus modeste, mais plus sûrement réalisable. Tous les corps subissent des transformations successives. La surface de la Lune ne saurait faire exception; et les changements accumulés que les siècles y amènent ne pourront se dérober indéfiniment à la puissance optique de nos instruments. Il faut donc laisser le temps travailler pour nous, et nous appliquer surtout à préparer l'avenir, en obtenant de l'état actuel de notre satellite une représentation aussi fidèle et aussi précise que possible. A cet égard, la supériorité de la photographie sur tous les procédés de dessin n'a plus besoin d'être démontrée. Alors même que la plaque sensible n'arriverait pas à recueillir quelques menus détails visibles dans les lunettes, elle imprime à ses images un caractère d'authenticité indiscutable, auquel toute la dextérité du dessinateur ne peut suppléer. Ainsi seront évitées les incertitudes qui ont toujours empêché de dégager des travaux anciens des conclusions définitives.

A un autre point de vue, la méthode photographique s'impose avec une égale autorité. En dépit de la grande habileté et du labeur immense dépensés pour établir les cartes existantes de la Lune, il est certain que le raccordement des innombrables dessins qui leur ont servi de base n'a pu s'effectuer toujours avec précision. Les changements d'aspect continuels dus aux effets de l'éclairement solaire, de la libration, de la réfraction, rendent cette fusion très difficile à opérer, même en supposant irréprochable chacun des documents partiels. Un coup d'œil jeté sur les photographies montre en effet que les linéaments principaux des grandes formations sont infidèlement reproduits sur les meilleures cartes. L'enregistrement presque instantané d'une fraction considérable de la surface lunaire constitue sous ce rapport un progrès inestimable, et nulle autre voie n'est offerte pour arriver à une représentation vraiment homogène, comparable à elle-même dans toutes ses parties et relative à une époque nettement définie. Cela est si vrai, que le défaut d'une vue générale et intuitive est même sensible dans les meilleurs atlas géographiques obtenus par la juxtaposition d'études séparées. Le relief de certaines portions restreintes de notre globe est connu actuellement, il est vrai, avec une minutie que ne comportent pas les études sélénographiques; mais il serait encore impossible de donner d'une région étendue de la Terre une image aussi parlante et aussi fidèle, quant à la répartition des teintes, que celles qui nous sont fournies par les clichés lunaires.

La possibilité de construire, par les procédés photographiques, une carte générale de la Lune, aussi complète et plus exacte que toutes celles qui ont paru jusqu'à ce jour, ne saurait plus faire l'objet d'un doute. Une telle perspective n'intéresse pas

seulement une catégorie restreinte d'astronomes, mais tous les savants qu'attire l'étude du ciel, et même tous ceux qui s'adonnent sous une forme quelconque à l'exploration de la nature. Chaque jour, en effet, la marche de la science met mieux en lumière la corrélation intime qui existe entre les ordres de recherches en apparence les plus éloignés. Nous avons vu l'analyse des rayons solaires révéler aux chimistes des substances qu'ils avaient longtemps maniées ou respirées sans les connaître. Est-il donc téméraire d'espérer que l'étude détaillée du sol de la Lune nous révélera des faits nouveaux et inattendus? N'est-il pas probable, au contraire, que cet examen nous fera pénétrer plus profondément dans l'histoire de la Terre et projettera, un jour, quelque lumière sur les transformations de son sol et sa constitution intérieure ?

A ce titre, aucune des planètes qui circulent dans l'espace n'a plus de droits à notre attention que la Lune. Placée comme un intermédiaire entre nous et les autres corps célestes, exempte des enveloppes vaporeuses qui semblent obscurcir la surface de Vénus et de Jupiter, elle paraît appelée à bénéficier plus que toute autre des progrès réalisés dans les méthodes photographiques et dans la construction des grands instruments d'optique

Il y a quelques années déjà, M. Holden annonçait que les épreuves focales obtenues au grand équatorial de l'Observatoire de Lick permettraient la construction d'une carte générale à l'échelle de celle de Schmidt, donnant par conséquent un diamètre de 1 m. 80 au disque entier de la Lune. Les agrandissements partiels exécutés par divers savants, notamment par le Dr Weinek, ont montré que cette prétention n'était pas exagérée. Les qualités optiques du grand équatorial coudé de l'Observatoire de Paris, sa distance focale encore supérieure à celle de l'instrument de Lick, le succès obtenu par MM. Henry dans le travail de l'objectif et des miroirs, par M. Gautier dans la construction de la partie mécanique, nous ont donné à croire que cet instrument s'adapterait particulièrement bien à ce genre de recherches. Nous avons abordé cette étude d'accord avec M. Tisserand, directeur de l'Observatoire. C'est également son bienveillant concours qui nous a assuré, pour la plus grande part, les ressources nécessaires à l'achèvement de ces expériences. Les feuilles que nous publions aujourd'hui peuvent être considérées comme la première livraison d'un atlas général de la Lune, et répondent à une nécessité ressentie et signalée par les astronomes les plus compétents.

On ne saurait toutefois se dissimuler qu'un grand nombre de feuilles sera nécessaire, si l'on veut arriver à montrer chaque région de notre satellite sous des éclairages variés, à une échelle assez grande pour permettre de contrôler les détails

révélés par l'observation directe et pour fournir une base solide aux recherches cosmogoniques.

L'ensemble des opérations à exécuter se divisait naturellement en trois parties :

1° Obtention de clichés directs assez fins et assez nets pour révéler à peu de chose près, sous la loupe ou le microscope, tous les objets que le pouvoir séparateur de l'objectif employé permet de distinguer;

2° Exécutions d'agrandissements sur verre, embrassant sur une même plaque une portion notable du disque lunaire, et construits, d'autre part, à une échelle assez grande pour être clairement lisibles sans le secours de verres grossissants;

3° Tirage d'épreuves sur papier, à peu près identiques par leur aspect aux épreuves sur verre, mais plus aisément lisibles sous tous les éclairages, et offrant sur les premières l'avantage d'une conservation assurée et d'une reproduction facile à un grand nombre d'exemplaires.

Dans chacune de ces opérations, on a dû se préoccuper d'assurer le succès de la suivante. De nombreuses expériences ont été nécessaires pour fixer le meilleur mode d'exécution. Ainsi nous avons dû faire un choix raisonné entre les plaques au gélatino-chlorure dont le grain très fin favorise l'agrandissement ultérieur, et les plaques au gélatino-bromure dont la sensibilité plus grande permet d'atténuer l'effet de l'ondulation des images. Les essais ont montré que cette dernière cause perturbatrice était de beaucoup la plus à craindre, et qu'il fallait, en conséquence, attacher plus de prix à la sensibilité qu'à la finesse du grain.

D'autres expériences ont eu pour objet de déterminer s'il y aurait avantage à faire un agrandissement direct sur la lunette, au lieu de se borner à amplifier les épreuves focales. Jusqu'à présent, les dispositions mécaniques adoptées n'ont pas permis de guider le grand équatorial coudé avec une régularité complète pendant le temps exigé pour l'exécution d'un agrandissement direct. Il serait toutefois prématuré de condamner sans appel ce procédé qui a donné, comme l'on sait, des résultats remarquables entre les mains de MM. Paul et Prosper Henry.

Bien que la pose exigée par les épreuves focales soit relativement courte, la valeur du résultat demeure subordonnée dans une très large mesure au calme des images. Une fixité satisfaisante est, comme tous les astronomes le savent, chose exceptionnelle, sans parler des obstacles que nous suscitent des conditions climatologiques peu favorables. Entre vingt nuits où la lune se montre sur notre horizon, il y en a dix à peine où elle atteint la hauteur de 40 degrés, que l'on doit considérer comme indispensable, et tout au plus une où l'état des images soit réellement satisfaisant. Les chances sont encore moindres dans les heures matinales, au voisi-

nage du minimum diurne de température. Il ne faut donc pas s'étonner si, après deux ans d'une vigilance continuelle, le plus grand nombre des phases de la lune est encore très imparfaitement représenté dans notre collection. C'est pour nous un devoir de signaler le zèle et l'intelligence avec lesquels M. Le Morvan n'a cessé de nous assister au cours de ces expériences pénibles et de ces essais souvent infructueux.

Nous avons pensé toutefois, d'accord avec M. le directeur de l'Observatoire, qu'il convenait de ne pas différer davantage la publication des documents recueillis, au moins de ceux qui semblent de nature à faire progresser nos connaissances sur la Lune. Les épreuves agrandies sur verre, que nous avions obtenues en assez grand nombre, ne nous dispensaient pas de rechercher une forme plus durable et plus commode pour l'étude. Longtemps nous avons été arrêtés par les difficultés spéciales aux reproductions sur papier. Ces obstacles peuvent être considérés comme entièrement surmontés aujourd'hui, grâce à l'obligeance et à l'habileté de M. Fillon. Les héliogravures ci-jointes, dont on peut constater à première vue l'excellente exécution, reproduisent avec une fidélité presque absolue les agrandissements sur verre que nous avons confiés à l'artiste.

Il est à noter toutefois que ces mêmes agrandissements, tels que nous les avons présentés à diverses sociétés savantes, renfermaient encore un certain nombre de défauts manifestes : fils, grains de poussière, trous ou piqûres dans la gélatine; nous avions laissé subsister ces imperfections, qu'il est difficile d'éviter dans le travail photographique et qui donnaient à nos épreuves un caractère d'absolue authenticité. Notre intention primitive était de les respecter également dans la reproduction héliographique, en laissant au lecteur le soin de discerner leur origine. Presque toujours, en effet, le caractère isolé de ces taches, la sécheresse de leur contour trahissent suffisamment leur nature. Il s'est présenté cependant quelques cas douteux, où la comparaison de plusieurs clichés originaux a été utile pour trancher la question et montrer que l'on n'avait pas affaire à de véritables accidents du sol. Il nous a paru nécessaire, en pareil cas, de procéder à une très légère retouche pour éviter au lecteur une recherche pénible, dont on pouvait prédire avec certitude le résultat négatif. Ces corrections n'ont jamais eu d'autre but que de faire disparaître des défauts accidentels dont l'origine n'était pas douteuse. Elles ont été exécutées avec une discrétion extrême, de manière à n'altérer en rien le caractère de l'épreuve. Nous nous sommes abstenus toutes les fois que nous sommes restés nous-mêmes dans le doute sur la réalité des objets.

Le lecteur nous saura sans doute gré de lui avoir épargné des incertitudes dont

il n'aurait pu que difficilement sortir, n'ayant pas à sa disposition les clichés originaux. En examinant de près nos feuilles, on pourra y remarquer des lignes très fines donnant lieu par leur combinaison à des figures régulières. Le plus souvent, il n'y a pas lieu de leur attribuer aucune signification objective. Elles proviennent de frottements accidentels sur la gélatine ou le papier ou de groupements moléculaires dans les grains de la couche sensible. Leur finesse même est une raison de les tenir pour suspectes. Il faut se rappeler en effet que nous ne sommes pas parvenus à dédoubler photographiquement des distances angulaires inférieures à 0″, 4; par suite, tout objet dont l'image ne mesurerait pas au moins 4/10 de millimètre, ce qui correspond à moins de 3/100 de millimètre dans le négatif, a dû échapper au pouvoir séparateur de l'objectif employé et ne saurait, en conséquence, être interprété avec certitude.

Il serait même illusoire de s'attendre à retrouver d'une manière absolument complète dans une épreuve sur papier les détails accessibles au pouvoir optique de l'objectif employé. L'éclairement inégal des objets introduit dans le travail photographique une difficulté analogue à celle qui se rencontre dans l'observation directe. On sait combien il est malaisé d'apercevoir et de mesurer un objet peu brillant au voisinage d'une source de lumière vive. C'est ce qui a lieu dans l'étude des étoiles doubles et des faibles satellites. Quand il ne s'agit que de points, on a la ressource de masquer le plus brillant des deux à l'aide d'un écran disposé dans le plan focal. Pour la Lune, il serait nécessaire d'attribuer à chaque région une pose différente, si l'on veut obtenir une image détaillée dans toutes ses parties.

On s'applique, en conséquence, à manœuvrer l'obturateur de manière à graduer la durée de pose par zones, en allant du terminateur vers le bord. La répartition ainsi obtenue laisse toujours à désirer, attendu que les courbes d'égal éclairement ont des formes variées et ne peuvent coïncider que par accident avec le contour de l'obturateur. Il en résulte que les parties faiblement éclairées demeurent sans détails, pendant que les points surexposés tendent à devenir entièrement noirs sur le négatif et entièrement blancs dans l'épreuve sur papier. On n'y retrouvera donc point tous les détails que peut saisir le pouvoir optique de la lunette, à moins de faire, dans chaque phase, plusieurs épreuves avec des durées de pose différentes. L'expérience montre en effet que les épreuves ainsi obtenues se complètent mutuellement. Les mêmes considérations s'appliquent au travail d'agrandissement. Pour tirer d'un cliché donné tout ce qu'il renferme, il faudrait lui donner une pose variable d'un point à l'autre suivant une loi très complexe. Ici encore, on ne peut procéder que par zones, et l'approximation obtenue représente une solution moyenne

où les points les plus obscurs, de même que les points les plus éclairés, se trouvent sacrifiés. En fait, chacun de nos agrandissements sur verre a été exécuté d'après un cliché unique, et M. Fillon n'en a utilisé qu'un seul pour le travail d'héliogravure effectué sur chaque épreuve. Dans ces conditions, il est certain que quelques détails très délicats doivent être absents de l'image finale, bien que leur reproduction n'excède pas en théorie le pouvoir optique de l'objectif ni la finesse des clichés originaux. Mais ces légères causes d'imperfection inévitables ne portent, en réalité, que sur un petit nombre d'objets peu importants, et les épreuves ci-jointes peuvent être considérées comme une reproduction d'une fidélité presque absolue des images focales obtenues dans des conditions normales.

Il pourra nous arriver, dans ce qui suit, d'insister sur quelques détails notés par nous comme significatifs, quoique malaisés à reconnaître sur nos feuilles, en raison des difficultés que nous venons de signaler. Dans ce cas, nous espérons que l'on voudra bien ne pas considérer nos conclusions comme insuffisamment fondées, mais tenir compte de ce que les mêmes détails ont pu être vérifiés par nous sur un ou plusieurs clichés originaux. Alors seulement, nous nous sommes crus autorisés à leur accorder quelque importance.

Dès le début, une autre question préliminaire s'est posée : convenait-il d'adopter un agrandissement uniforme ou de s'inspirer, dans chaque cas particulier, du caractère spécial des documents employés? Cette dernière solution nous a paru préférable. L'adoption d'une valeur fixe pour le diamètre lunaire n'eût pas fait disparaître les déformations dues aux effets variables de la libration et de la réfraction. Aucun artifice ne peut dispenser de recourir au calcul, si l'on veut rendre comparables les mesures faites avec des clichés de date différente. On n'aurait pas davantage atteint par cette voie le but principal de l'agrandissement, qui est de rendre aisément lisibles tous les détails de l'épreuve originale.

Le diamètre apparent de la Lune est variable; la finesse des clichés l'est encore plus. L'agrandissement qui convient à l'un exposerait pour l'autre à des interprétations inexactes. Certains traits du relief lunaire demandent, pour être bien compris, à figurer en entier dans une même plaque : ce qui limite forcément l'échelle. Ailleurs, l'abondance des détails et la précision du cliché sont d'accord pour réclamer une forte amplification. Le chiffre de 1 m. 80, adopté par Schmidt pour représenter le diamètre lunaire, sera plus ou moins dépassé dans nos épreuves, mais chacune d'elles sera toujours accompagnée de l'indication du diamètre correspondant. Cette échelle peut paraître faible, comparée à celle des cartes géographiques ordinairement en usage. On reconnaîtra, pensons-nous, que nos épreuves lunaires rachètent

ce désavantage, en donnant du relief du sol une représentation plus homogène et plus expressive.

Les personnes versées dans l'étude de notre satellite reconnaîtront aisément sur quels points les feuilles que nous publions permettent de compléter ou de corriger les cartes existantes. Pour les lecteurs moins familiers avec ce sujet, les courtes notices qui suivent pourront être de quelque utilité, en portant leur attention sur les objets les plus remarquables. Nous recommandons en même temps à l'attention des astronomes diverses conclusions générales qui nous ont paru se dégager de nos feuilles, concernant l'âge relatif des formations lunaires et leur dépendance mutuelle. Enfin nous avons cherché à faciliter la recherche, sur les épreuves, des accidents du sol dont il est question dans le texte. A cet effet, nous joignons à la liste des noms adoptés un tableau de coordonnées rectilignes. Chaque carte porte deux séries de chiffres, l'une horizontale, l'autre verticale, partant d'une même origine. Pour les distinguer, on fera suivre les chiffres qui représentent la coordonnée horizontale de la lettre H, et ceux qui représentent la coordonnée verticale, de la lettre V. Ainsi le point désigné par (5,7 H – 4,3 V) se trouvera à l'intersection de la verticale menée par le point 5,7 de l'échelle horizontale et de l'horizontale menée par le point 4,3 de l'échelle verticale. Le jour et l'heure indiqués au bas des épreuves se rapportent au moment de la pose effectuée sur la Lune. L'agrandissement exprime le rapport de l'échelle de la carte à celle du cliché original. Le diamètre indiqué est le produit de l'agrandissement par le diamètre de la Lune mesuré sur l'épreuve directe.

CHAPITRE II.

DESCRIPTION DES OBJETS LES PLUS REMARQUABLES RENFERMÉS DANS LES FEUILLES. EXAMEN DE LEUR NATURE ET DE LEUR ORIGINE.

PLANCHE A.

ÉTUDE DE L'IMAGE DIRECTE DE LA LUNE AU PREMIER QUARTIER.

La dimension de cette épreuve est exactement celle du cliché sur verre obtenu au foyer du grand équatorial coudé. Malgré l'incontestable succès auquel M. Fillon est arrivé dans la reproduction sur papier, cette échelle est trop petite pour faire apercevoir les plus petits détails visibles sur l'original, à plus forte raison pour permettre de les interpréter avec certitude. Nous aurons à revenir à propos des épreuves agrandies sur la plupart des objets intéressants qui avoisinent le terminateur. Les traits généraux de la surface de la Lune et la répartition des teintes peuvent cependant être étudiés ici avec profit.

On vérifiera sans peine l'abondance et la profondeur plus grandes des cirques dans la région australe, le caractère relativement calme et uni d'une large zone dessinant approximativement un grand cercle de la Lune, et dont le pôle tomberait aux environs de Maginus (8,1 H – 7,9 V). Toute cette région paraît avoir été recouverte par des épanchements liquides qui en ont transformé l'aspect. Un simple coup d'œil fera reconnaître la forme circulaire des mers des Crises (2,5 H – 3,5 V), du Nectar (4,2 H – 5,8 V), de la Sérénité (5,5 H – 2,9 V), des Pluies (8,0 H – 2,0 V), celle-ci visible en partie seulement. On constate une sorte de succession systématique dans la disposition des mers de la Fécondité (2,8 H – 4,8 V), de la Tranquillité (4,5 H – 4,0 V), de la Sérénité, des Pluies, qui s'enchaînent à peu près comme les fosses méditerranéennes étudiées par les géologues à la surface de de la terre. La teinte sombre de la partie orientale, comparée au bord opposé, n'est sans doute qu'une illusion due à la courbure du globe. Par contre, on relèvera un certain nombre de taches obscures qui ne peuvent être attribuées à des ombres, comme celles qui se trouvent à mi-chemin entre Agrippa (6,3 H – 4,3 V) et Hyginus (6,8 H – 4,0 V), sur l'emplacement de Littrow (4,6 H – 3,3 V), au nord

de Pline (5,0 H – 3,5 V), à l'intérieur de Jules-César (5,9 H – 4,0 V) et de Boscovich (6,3 H – 3,9 V). La plupart de ces taches occupent des cuvettes déprimées qui ont dû demeurer liquides après que la solidification des parties voisines était achevée. Elles deviennent naturellement invisibles au voisinage du bord, où la perspective fuyante ne laisse plus apercevoir que des crêtes projetées les unes derrière les autres. C'est sans doute pour ce motif que les pôles et plus généralement les bords éclairés de la Lune nous apparaissent revêtus d'une blancheur vive et presque uniforme. Quelques dépressions dans les parties montagneuses ont gardé une surface accidentée, comme si elles n'avaient point été submergées. De ce nombre est celle qui se trouve entre Maginus et Moretus (8,4 H – 8,8 V). La montagne centrale de ce dernier cirque paraît être la plus haute de la Lune entière. Elle est cependant à peine touchée du soleil sur notre épreuve, et il est clair qu'elle n'atteint pas au niveau du rempart circulaire.

Certaines régions sont caractérisées par une teinte blanche générale; c'est ce qui arrive à l'ouest de Walter (7,5 H – 7,0 V). Des taches claires plus limitées se voient près de Descartes (5,8 H – 5,5 V), de Théophile (4,8 H – 5,5 V), entre Hercule (5,0 H – 1,8 V) et la mer des Crises, sur le rempart ouest de Maurolycus (6,4 H – 7,8 V). Certains cirques comme Werner (7,3 H – 6,7 V), Menelaüs (5,8 H – 3,4 V), Hind (6,6 H – 5,2 V), Kant (5,4 H – 5,4 V), Censorinus (4,1 H – 4,7 V) possèdent un éclat spécial. Entre la mer du Nectar et celle de la Fécondité, les cirques, trop éloignés du terminateur pour projeter une ombre, apparaissent communément sous forme de petits cercles blancs. On sait que ces taches locales sont sujettes à s'étendre dans certaines directions, sous forme de vastes traînées. Deux d'entre elles, émanées du cirque de Tycho, passent sur Maurolycus et Gemma-Frisius (6,3 H – 7,0 V). On rattache à la même origine celle qui traverse la mer de la Sérénité au nord de Menelaüs. La phase que nous avons sous les yeux montre mieux les traînées de Proclus (3,1 H – 3,5 V) qui accusent nettement trois directions principales, celle de Stevin (3,4 H – 7,0 V) et celles du double cirque de Messier (3,0 H – 4,9 V) qui simulent une queue de comète. Nous reviendrons plus loin (p. 20) sur l'explication de ces phénomènes.

Les massifs montagneux de la Lune n'ont point, comme ceux de la terre, une ligne de faîte continue et n'émettent point de chaînes ramifiées. Ils se présentent, en général, comme des plateaux accidentés entamés sur leur contour par des affaissements circulaires auxquels ils ont plus ou moins participé. Ce caractère est bien apparent dans les monts Altaï (4,7-5,5 H – 5,9-6,8 V), qui tracent une ligne de dénivellation concentrique à la mer du Nectar. L'isolement des Apennins (7,0-8,5 H –

2,5-3,5 V) et leur configuration linéaire paraissent être la conséquence d'un double affaissement, brusque vers la mer des Pluies, gradué vers la mer des Vapeurs (5,7 à 7,8 H – 3,2 à 4,4 V). Il en est résulté une physionomie générale assez semblable à celle d'une chaîne de montagnes terrestre, mais la ressemblance ne se soutient pas dans le détail. Le massif des Alpes (7,0-8,5 H – 1,4-1,9 V) représente aussi les ruines d'un plateau, miné d'un côté par la mer des Pluies, de l'autre par la mer du Froid (7,0 – 8,5 H – 1,0 – 1,4 V).

Les détails de la structure des cirques se révèlent mieux sur les cartes à plus grande échelle. On reconnaîtra ici leur tendance à se grouper par deux, trois ou quatre, suivant des alignements voisins du méridien. Parmi ces associations, on notera celles d'Aristote (6,5 H – 1,5 V) et d'Eudoxe (6,4 H – 1,8 V), Aristillus (7,4 H – 2,3 V) et Autolycus (7,4 H – 2,5 V), Agrippa et Godin (6,3 H – 4,5 V), Herschel (7,7 H – 5,0 V), Ptolémée (7,7 H – 5,3), Alphonse (7,8 H – 5,6 V) et Arzachel (7,7 H – 5,9 V), Thébit (7,9 H – 6,2 V), Purbach (7,7 H – 6,5 V), Regiomontanus (7,6 H – 6,7 V) et Walter, Lacaille (7,4 H – 6,3 V), Blanchinus (7,2 H – 6,4 V), Werner, Aliacensis (7,0 H – 6,8 V). Il y a tout lieu de croire que l'orientation de ces files est déterminée par celle d'anciennes crevasses du sol.

Dans toute la surface visible de la Lune, les formes concaves qui révèlent des affaissements prédominent sur les formes convexes, qui seraient des indices de soulèvement. Abstraction faite des changements possibles dans les forces extérieures qui sollicitent la planète, cette circonstance apparaît comme une conséquence aisée à prévoir des lois du refroidissement. Une fois la couche externe solidifiée et amenée à une température voisine de celle de l'espace, la chaleur perdue par le rayonnement est empruntée tout entière à la masse interne, qui doit, en conséquence, se refroidir et se contracter plus que l'écorce. Celle-ci arrive donc à présenter une surface trop grande, composée de nombreux fragments ressoudés; elle est, au début, très hétérogène et incapable de se soutenir seule sur une étendue appréciable. Elle doit donc s'affaisser par petites portions et suivre, pour ainsi dire, pas à pas, la diminution de volume de la masse ignée. En effet, aussitôt que la cause accidentelle ou périodique qui a déterminé un mouvement éruptif a cessé de se manifester, l'action permanente de la pesanteur rétablit l'équilibre. Les matériaux projetés ou soulevés rentrent en partie par les ouvertures qui leur ont livré passage. Les nombreux orifices donnent aux gaz une issue facile et ne leur permettent pas de constituer une couche intermédiaire de quelque importance entre l'écorce et la masse liquide. Les fragments ressoudés s'écartent, en définitive, très peu de la figure d'équilibre qu'affecterait la planète entièrement fluide. La surface externe seule peut offrir des irré-

gularités brusques, traces des ruptures et des affaissements qu'elle a éprouvés. Avec le temps, la croûte devient plus épaisse et plus capable de s'opposer au dégagement rapide des gaz et de se soutenir par elle-même. Les soulèvements ne se produisent plus que sous l'action de forces éruptives extrêmement violentes, et les effondrements demanderont pour se manifester une insuffisance considérable de pression intérieure. Le phénomène, continu dans la première période, devient alors intermittent et s'accomplit d'un seul coup sur des aires de plus en plus grandes. Ces faits ne sont pas les conséquences d'une hypothèse cosmogonique formulée *à priori,* mais découlent presque forcément de l'examen que nous aurons occasion de faire de différentes parties de la surface de la Lune, et dont on trouvera les résultats plus loin. Dans leurs traits généraux, ils doivent être communs à l'histoire de toutes les planètes. Certains auteurs ont pensé que la distribution des aires affaissées sur un gobe en voie de refroidissement pouvait être prévue et géométriquement définie. Les parties stables devraient, d'après eux, dessiner à la surface de la planète les arêtes d'un polyèdre régulier inscrit, un dodécaèdre suivant Élie de Beaumont, un tétraèdre d'après Green. Les raisons invoquées à l'appui de l'une ou de l'autre de ces théories ne nous paraissent pas décisives. La propriété d'enfermer sous une surface donnée le plus petit volume possible, citée en faveur du tétraèdre régulier, n'appartient à ce solide que relativement aux autres polyèdres réguliers convexes. Rien n'autorise à limiter ainsi à l'avance le champ des déformations possibles. L'observation nous montre, au contraire, sur là Lune des aires d'effondrement irrégulièrement distribuées et, en général, concaves. Ces faits, indices de forces qui agissent dans des conditions extrêmement complexes et presque inaccessibles à l'expérience, commandent évidemment la plus grande réserve. Les considérations de symétrie, le principe de la moindre action, celui de la conservation de l'énergie peuvent fournir des inductions utiles à la solution de certains problèmes bien définis, mais ne sauraient donner, *à priori,* des éclaircissements sur la forme générale d'une masse hétérogène, soumise dans chacune de ses parties à des forces de provenance diverse, essentiellement variables, et où les actions locales seront souvent prédominantes. C'est ainsi que le phénomène des marées, bien que d'origine cosmique, a dû exercer à l'origine une influence considérable sur la structure de la croûte lunaire. *A fortiori,* dans l'étude d'une question physique aussi obscure, où l'état même de la plus grande partie de la matière interne reste pour nous absolument énigmatique, on ne saurait dire quelle sera la figure d'équilibre déterminée par un ensemble de forces inconnues. C'est à l'observation seule qu'il appartient de nous renseigner, par l'analyse des effets, sur la constitution finale du système.

PLANCHE A.

COORDONNÉES RECTILIGNES DE DIVERSES FORMATIONS VISIBLES DANS CETTE FEUILLE.

Mer des Crises	2,5 H	3,5 V	Cuvier	6,9 H	8,0 V
Mer de la Fécondité	2,8 H	4,8 V	Mer du Froid	7,0 - 8,5 H	1,2 V
Messier	3,0 H	4,9 V	Massif des Alpes	7,0 - 8,5 H	1,4 - 1,9 V
Proclus	3,1 H	3,5 V	Apennins	7,0 - 8,5 H	2,5 - 3,5 V
Stevin	3,4 H	7,0 V	Aliacensis	7,0 H	6,8 V
Censorinus	4,1 H	4,7 V	Triesnecker	7,1 H	4,3 V
Mer du Nectar	4,2 H	5,8 V	Licetus	7,1 H	7,8 V
Mer de la Tranquillité	4,5 H	4,0 V	Cassini	7,2 H	1,9 V
Littrow	4,6 H	3,3 V	Blanchinus	7,2 H	6,4 V
Monts Altaï	4,7 à 5,5 H	5,9 à 6,8 V	Mer des Vapeurs	5,7 à 7,8 H	3,2 à 4,4 V
Hercule	5,0 H	1,8 V	Werner	7,3 H	6,7 V
Théophile	4,8 H	5,5 V	Vallée des Alpes	7,4 H	1,5 V
Pline	5,0 H	3,5 V	Aristillus	7,4 H	2,3 V
Kant	5,4 H	5,4 V	Autolycus	7,4 H	2,5 V
Mer de la Sérénité	5,5 H	2,9 V	Lacaille	7,4 H	6,3 V
Menelaüs	5,8 H	3,4 V	Walter	7,5 H	7,0 V
Descartes	5,8 H	5,5 V	Regiomontanus	7,6 H	6,7 V
Jules-César	5,9 H	4,0 V	Herschel	7,7 H	5,0 V
Boscovich	6,3 H	3,9 V	Ptolémée	7,7 H	5,3 V
Agrippa	6,3 H	4,3 V	Arzachel	7,7 H	5,9 V
Godin	6,3 H	4,5 V	Purbach	7,7 H	6,5 V
Gemma Frisius	6,3 H	7,0 V	Alphonse	7,8 H	5,6 V
Barocius	6,3 H	7,7 V	Thébit	7,9 H	6,2 V
Eudoxe	6,4 H	1,8 V	Orontius	7,9 H	7,5 V
Maurolycus	6,4 H	7,5 V	Moretus	8,0 H	8,8 V
Aristote	6,5 H	1,5 V	Archimède	8,0 H	2,5 V
Manilius	6,5 H	3,6 V	Alpetragius	8,0 H	5,8 V
Hind	6,6 H	5,2 V	Maginus	8,1 H	7,9 V
Playfair	6,6 H	6,3 V	Hell	8,3 H	6,9 V
Hyginus	6,8 H	4,0 V	Mer des Pluies	7,0 - 10 H	1,5 - 3,5 V
Apianus	6,8 H	6,6 V			

La coordonnée horizontale est accompagnée de la lettre H, la coordonnée verticale de la lettre V.

PLANCHE I.

MAGINUS. — ORONTIUS. — HELL.

Cette carte donne une idée très exacte du caractère général de la partie australe de la Lune, extrêmement tourmentée, criblée de cirques profonds, dont les plus vastes ne subsistent qu'à l'état de ruines, tant sont nombreuses les formations circulaires créées à leurs dépens et qui obligent à reconstituer par la pensée l'enceinte

primitive. Ainsi Faraday s'est formé en détruisant le tiers environ du rempart de Stœfler, à moins qu'il n'ait été précédé sur le même emplacement par un autre cirque dont il ne subsiste aujourd'hui qu'une faible partie. Faraday lui-même a été profondément entamé à deux reprises. Le dernier cirque formé possède seul une enceinte régulière et une montagne centrale. De même, Orontius a été plus qu'à moitié détruit par la formation de nouveaux cirques, dont le plus récent et le plus complet paraît être Nasireddin. En résumé, de l'examen de cette carte et des suivantes se dégagent trois faits importants :

1° Lorsque deux cirques empiètent l'un sur l'autre, le plus petit des deux conserve en général son rempart entier, et l'inspection des ombres montre qu'il est aussi le plus déprimé;

2° Les orifices d'explosion se sont formés de préférence sur les remparts circulaires qui avaient marqué la limite des affaissements antérieurs. Une loi analogue est aujourd'hui admise par les géologues les plus autorisés comme présidant à la distribution des volcans terrestres;

3° Dans une bande assez large autour des grands cirques, il s'est produit, à plusieurs reprises, de nouveaux affaissements formant quelquefois une ceinture autour du rempart. On peut se faire une idée assez précise sur les causes qui ont provoqué les deux dernières catégories de phénomènes.

La formation des cirques est en effet le résultat de mouvements alternatifs de l'écorce, se terminant toujours, en définitive, par un affaissement. Il est à croire que, pour les grandes enceintes, l'affaissement s'est produit en plusieurs fois. Les forces qui l'ont produit ont évidemment étendu leur action dans une aire plus vaste que celle qu'occupe aujourd'hui la plaine intérieure. Par suite, dans une bande assez large autour des cirques de premier ordre, la croûte s'est trouvée affaiblie par de nombreuses crevasses, minée par le contact des laves en fusion et préparée à livrer un passage relativement facile aux éruptions ultérieures. On peut ainsi se rendre compte de l'origine des formations qui environnent les remparts ou qui se greffent sur leurs contours.

En admettant ces considérations également pour tous les cirques d'un périmètre important, on s'explique sans difficulté les enchevêtrements nombreux des cratères les uns dans les autres.

On a plusieurs fois émis l'opinion que l'apparition des cirques avait dû être précédée d'une fusion locale de l'écorce. L'existence habituelle d'un mur de séparation entre deux cirques qui empiètent l'un sur l'autre ne paraît pas être favorable à cette hypothèse d'une fusion complète et préalable du sol des cratères. La netteté

extrême de la cassure qui limite certains cirques, tels que Werner, la présence de sillons visibles sur le fond déprimé et franchissant le rempart, comme ceux que nous voyons dans Orontius, la concordance observée entre la limite des cirques et le tracé de certains sillons étendus s'expliquent également mieux en admettant qu'il s'agit de ruptures accomplies dans une écorce solide et suivies d'un épanchement liquide. L'isolement des montagnes centrales observées au milieu de certains cirques indique aussi qu'il n'y a pas eu fusion complète de la croûte à l'intérieur du rempart, mais submersion partielle, laissant à découvert les points élevés du relief primitif.

Maurolycus et Licetus nous offrent ici deux exemples remarquables d'aires d'affaissement empiétant l'une sur l'autre, sans qu'aucune d'elles ait gardé son enceinte complète et sans qu'il se soit formé de cloison intermédiaire. En pareil cas, l'âge relatif des diverses parties ne peut être établi que d'une manière plus conjecturale ; mais si l'on adopte les inductions précédentes, on devra considérer la plus déprimée comme étant de formation plus récente.

Très nombreux sur les hauts plateaux qui avoisinent Maurolycus, Stœfler et Maginus, les petits entonnoirs circulaires et les accidents de toute sorte font relativement défaut dans les plaines intérieures qui constituent le fond déprimé des grands cirques. L'uniformité du sol y est surtout rompue par des collines isolées, sans lien visible entre elles, mais alignées, comme le seraient les sommets d'une chaîne de montagnes submergée. En nous appuyant sur l'ensemble des faits observés, nous sommes amenés à conclure que les dépressions des grands cirques ont été envahies, soit au moment de l'effondrement, soit à une époque ultérieure, par des masses liquides dont la solidification s'est opérée à une date relativement récente, après laquelle la croûte lunaire n'a plus éprouvé de remaniements importants. Le niveau du liquide épanché s'est, en général, élevé assez haut pour effacer la plupart des inégalités primitives du sol et donner naissance à une plaine unie. Le contraste entre l'intérieur des enceintes et le relief compliqué des plateaux élevés est encore accentué, dans le cas de Maginus, d'Orontius, de Stœfler, par la présence de cirques importants formés, comme nous l'avons indiqué, sur le rempart même.

Toute la région comprise dans cette feuille est, à peu d'exceptions près, d'une teinte assez uniforme, et, en faisant la part de la différence d'éclairement, on trouvera l'opposition entre les plateaux et les bas-fonds moins prononcée que dans d'autres parties de la Lune. Cette circonstance est due à la présence des traînées émanées de Tycho, qui jettent sur les profondeurs, aussi bien que sur les sommets, un voile blanc presque général. Moins visibles qu'elles ne le seraient dans une phase plus

avancée ou sur une image d'ensemble de la Lune, ces traînées commencent à devenir bien distinctes sur le côté gauche de l'épreuve. Cette coloration y est moins abondante que près de Tycho et des bandes sombres apparaissent, comme on peut le voir sur le fond uni de Stœfler. C'est pour la même raison que le cirque de Purbach, plus éloigné de Tycho que Regiomontanus ou Walter, s'en distingue par une teinte plus foncée. C'est aussi dans les parties de l'épreuve les plus éloignées de Tycho que se rencontrent les taches brillantes. L'une d'elles, située près de Lexell, a été considérée à tort par Cassini comme un nuage local et temporaire. Les autres recouvrent pour la plupart des sommets élevés, ou environnent de petits cratères dont elles semblent l'émanation. On en trouvera une dans ce cas au sud-ouest d'Apianus (0,8 H−1,9 V). Une autre plus étendue, qui semble avoir son centre sur le rempart ouest de Walter, a émis des traînées disposées en éventail sur le fond du cirque.

La vaste région déprimée qui comprend à la fois Hell et Lexell est particulièrement bien mise en lumière sur notre épreuve. On y reconnaît à première vue la longue vallée que M. Neison a comparée à un tracé de rivière terrestre. Mais l'analogie semble bien lointaine. Nous ne trouvons ici ni affluents ramifiés, ni thalweg (6,7 à 8,1 H−4,4 à 2,4 V), ni élargissement progressif entre la source et l'embouchure. On serait plutôt tenté de voir ici une fracture imparfaitement soudée de l'écorce.

L'orientation de la vallée de Lexell concorde avec celle d'une longue rainure, tangente commune aux bords occidentaux de Purbach, de Regiomontanus et de Walter, ainsi qu'avec l'alignement des cirques qui forment bordure à Maginus du côté de l'ouest. Trois autres rangées de cirques achèvent d'encadrer Maginus et dessinent avec la première un gigantesque parallélogramme. La même disposition s'observe autour de Tycho, mais réclame, pour être bien visible, une phase plus avancée. Les alignements de Maginus, indice probable d'anciennes fractures de l'écorce, ont dû faire sentir leur influence dans la formation de Licetus, qu'il semble difficile d'expliquer par une combinaison de cercles. A ce double système de cassures parallèles, se coupant sur un angle de 75 degrés environ, se rattachent encore les portions de contour rectiligne qui donnent une apparence polygonale à Regiomontanus et à Purbach, et aussi deux grands sillons qui coupent presque à angle droit la vallée de Lexell [les points d'intersection avec la vallée de Hell ont pour coordonnées : (7,2 H−3,5 V), (7,7 H−2,8 V)]. L'aspect de ces diverses formations, indifférentes au relief général du sol et franchissant également les dépressions et les crêtes, écarte l'idée qu'elles puissent être dues au travail des eaux. A les considérer comme

des cassures imparfaitement refermées, il peut sembler étrange qu'elle se présentent tantôt en creux, tantôt en saillie. La réflexion montre cependant que les deux cas ont dû se rencontrer suivant l'intensité de la pression latérale qui a déterminé la soudure de deux portions contiguës de l'écorce. Ici, dans les fossés, la présence de fragments interposés a empêché la jonction complète; ailleurs, l'écrasement des obstacles, le recouvrement partiel d'un îlot par l'autre ont déterminé une augmentation locale dans l'épaisseur et une élévation de la croûte en créant une ligne de plus grande résistance, mieux défendue que les plaines voisines contre la tendance à l'affaissement.

On connaît la propension des grands cirques, au sud de l'équateur lunaire, à se grouper suivant des lignes faiblement inclinées sur le méridien. C'est ce qui arrive, dans l'épreuve qui nous occupe, pour Purbach, Regiomontanus et Walter, pour les cirques qui encadrent Maginus et Tycho, pour les entonnoirs circulaires formés entre Gemma Frisius et Stœfler. Beaucoup de ces entonnoirs ont opéré leur jonction avec les voisins, créant ainsi des fosses allongées avec élargissements successifs. On reliera ces faits entre eux d'une manière satisfaisante, en admettant qu'il a existé dans cette partie de la surface lunaire un réseau de crevasses dont les plus importantes, orientées suivant le méridien, ont servi de limite commune à l'expansion de plusieurs grands cirques, pendant que d'autres favorisaient sur leur parcours la formation de bouches d'explosion, parfois assez rapprochées pour arriver à se confondre.

PLANCHE I.

COORDONNÉES RECTILIGNES DES PRINCIPALES FORMATIONS.

Maurolycus	0,4 H	6,3 V	Blanchinus	4,1 H	0,5 V
Poisson	1,3 H	2,4 V	Walter	5,0 H	3,4 V
Clairaut	1,3 H	8,3 V	Nasireddin	5,3 H	6,1 V
Apianus	1,9 H	1,2 V	Regiomontanus	5,4 H	1,6 V
Faraday	2,4 H	6,4 V	Purbach	5,9 H	0,6 V
Cuvier	2,5 H	8,9 V	Saussure	6,7 H	6,9 V
Aliacensis	2,9 H	2,4 V	Lexell	6,9 H	4,5 V
Stœfler	3,1 H	6,1 V	Orontius	6,9 H	5,9 V
Licetus	3,2 H	8,0 V	Maginus	7,2 H	9,0 V
Fernel	3,3 H	5,1 V	Ball	8,4 H	4,6 V
Nonius	3,5 H	4,1 V	Helt	8,5 H	3,4 V
Werner	3,8 H	1,5 V			

La lettre H accompagne la coordonnée horizontale, la lettre V la coordonnée verticale.

IMPRIMERIE NATIONALE.

PLANCHE II.

MAUROLYCUS. — WALTER. — STŒFLER.

Cette feuille se raccorde à la précédente par une partie commune assez étendue. La comparaison présente à ce titre un certain intérêt, en montrant comment l'aspect d'un même objet peut se trouver modifié par une différence de phase assez légère. Maginus, Orontius, Lexell sont rentrés dans l'ombre. Regiomontanus et Purbach ne montrent plus que les principaux linéaments de leur rempart, qui est devenu nettement anguleux et polygonal. Les accidents du sol semés sur la plaine intérieure de Walter ont acquis plus d'importance sous un éclairage rasant, et la montagne centrale projette une ombre considérable, qui pourrait servir à mesurer sa hauteur. De petits cratères ont également apparu sur le fond uni de Stœfler. Licetus, Maurolycus, Werner ont pris un relief plus énergique. Les grands cirques qui ont disparu sur le côté oriental de la carte ne sont remplacés sur le bord opposé par aucune formation équivalente. La multiplicité des ouvertures de dimension moyenne et de forme irrégulière donne ici un aspect confus et heurté, que peu de régions de la Lune peuvent offrir au même degré. Cette physionomie dure et sauvage est encore accentuée par la blancheur éclatante de la plupart des points élevés, qui font un violent contraste avec les ombres voisines.

Il est particulièrement difficile de reconnaître dans le relief de cette région tourmentée des groupements généraux soumis à des lois uniformes. On notera cependant l'existence de sillons rectilignes tracés suivant les tangentes communes intérieures aux remparts de Werner et de Walter. Un autre sillon tangent aux bords méridionaux de Maurolycus et de Stœfler a déterminé sur son parcours un alignement de petits cirques. Maurolycus, Stœfler, Werner se montrent, sur une partie au moins de leur contour, bordés par une circonvallation qui dédouble en quelque sorte le rempart. Ces lignes sont moins apparentes ici que sur le cliché original, ce qui s'explique par les considérations présentées dans l'Introduction. Des indices de mouvements concentriques du sol se remarquent en dehors de la limite actuelle des mêmes cirques, auxquels on peut joindre Aliacensis. Stœfler possède une ceinture de cirques contigus, analogue à celle de Tycho et de Maginus, moins complète toutefois, car la série est interrompue au nord-ouest. Werner et Aliacensis d'une part, Azophi et Aben Ezra de l'autre, offrent l'exemple de l'association de deux cirques accolés ensemble et construits sur un plan presque identique. Gemma Frisius a été entamé dans sa partie nord par deux grandes brèches allongées, et du côté opposé par une large ouverture triangulaire, reproduite avec une fidélité curieuse par le cirque se-

condaire qui a détruit, pour se former, le côté nord-ouest du cirque principal. Il semble qu'après un long intervalle de repos, les mêmes forces sont rentrées en action pour travailler sur un même plan, mais autour d'un centre un peu différent et sur une échelle quelque peu réduite. L'importance de la cloison intermédiaire est telle, que l'hypothèse d'un simple affaissement accompagné d'un épanchement liquide ne paraît pas capable d'expliquer la formation du petit cirque. Des forces éruptives propres à déplacer de grandes masses de matériaux solides ont dû intervenir ici, comme l'indique également la vive blancheur des remparts de Gemma Frisius. Le même caractère appartient à plusieurs ouvertures de dimensions moindres, éparses au sud-ouest d'Azophi.

A côté de fosses profondes dont l'intérieur est couvert d'inégalités nombreuses, groupées autour d'une montagne centrale (Maurolycus ou mieux Théophile, qui ne figure pas dans ce premier fascicule), nous en trouvons d'autres où un piton unique émerge d'une plaine unie (Aliacensis), d'autres encore où rien n'interrompt plus l'uniformité de la plaine (Apianus). Ces dernières sont caractérisées, en général, par une moindre profondeur. On en trouvera d'autres exemples dans les trois cirques contigus qui s'alignent au sud-ouest de Gemma Frisius. Une dernière catégorie est formée de remparts peu élevés, effacés, souvent incomplets, encadrant une plaine dont le niveau diffère peu de celui des plateaux environnants. Les spécimens les mieux caractérisés de cette catégorie manquent dans cette planche, mais sont au contraire nombreux dans la suivante. Ces quatre variétés semblent retracer à nos yeux les degrés différents de l'envahissement des cirques lunaires par des laves venues de l'intérieur. Les premiers seront demeurés presque intacts depuis leur effondrement, les derniers auront été à peu près totalement submergés. L'épaisseur toujours croissante de l'écorce solide doit finir par opposer un obstacle insurmontable à ces épanchements, dont les phénomènes volcaniques modernes, observés sur la terre, ne peuvent fournir qu'une bien faible image.

Examinée dans son ensemble, ou, mieux encore, rapprochée d'une photographie de la Lune entière, cette région semble posséder une teinte blanche presque générale, accusée principalement sur la bordure extérieure des cirques, peu prononcée sur leur fond et distribuée irrégulièrement sur les plateaux intermédiaires. On trouve par exception des taches semblables dans les parties déprimées comme le centre de Maurolycus.

La répartition de toutes ces taches blanches nous semble instructive au plus haut degré. Très souvent nous les voyons se multiplier au point d'empiéter les unes sur les autres, ainsi qu'il arrive autour de Gemma Frisius et de Sacrobosco. Il de-

vient ainsi plus difficile de les caractériser et de les décrire que cela n'a lieu dans d'autres régions où elles ne se montrent qu'à l'état isolé. C'est surtout dans les mers, où elles se détachent sur un fond uniforme, qu'on peut le mieux les distinguer et constater leur tendance à s'allonger en différents sens. La mer de la Sérénité en contient à elle seule un très grand nombre d'exemples, et se montre traversée dans toutes les directions par des bandes claires. Dans la majorité des cas, nous voyons ces taches recouvrir les environs d'un cratère de dimension petite ou moyenne; et quand ce cratère semble manquer, on peut dire, avec une probabilité voisine de la certitude, qu'un éclairage plus oblique ou une pose plus courte en révéleraient l'existence. En effet, la phase qui permet d'apercevoir un petit cratère de faible profondeur n'a qu'une durée très courte, et il peut, par suite, échapper à l'observation. Un spécimen remarquable de ce genre est fourni par le célèbre cirque de Linné, d'un relief le plus souvent inappréciable et dont la réalité même a fait l'objet de longues discussions entre les sélénographes les plus habiles. Tous les cirques d'une même région se trouvent quelquefois entourés d'auréoles blanches, ainsi qu'il arrive ici entre les limites 0,1 à 2,3 (coordonnées horizontales) et 1,1 à 2,2 (coordonnées verticales). Une même auréole peut ainsi envelopper toute une série de cratères contigus, comme on le voit au sud-est de Büsching. Si l'on entreprend de classer ces taches par ordre d'étendue croissante, on est amené par une gradation insensible à les assimiler aux immenses traînées de couleur claire que l'on voit rayonner autour de Tycho, de Copernic, de Képler ou de Proclus. Nous sommes donc ici en présence d'un phénomène général qui s'est manifesté, avec des intensités variables, dans les régions les plus diverses de la Lune. Ces teintes blanches ne correspondent pas à des versants directement frappés par la lumière, car nous les voyons s'étendre tout autour de certains cratères, sur des régions unies ou inclinées en différents sens. Elles ne sont pas davantage le résultat d'une couleur propre au sol sous-jacent, car l'étude de la surface terrestre n'indique pas qu'une composition géologique déterminée soit habituelle aux régions élevées ou affecte une disposition rayonnante autour d'un centre. Un revêtement de glace s'accumulerait de préférence dans les creux et laisserait les sommets comparativement libres, à l'inverse de ce qui s'observe. On ne saurait donc douter que ces petits cratères, si nombreux dans la région qui nous occupe, n'aient modifié par leurs émanations la couleur du sol dans un rayon de 10, 20 kilomètres, et parfois beaucoup plus.

De quelle nature sont ces émanations? Faut-il y voir des épanchements de lave, des amas de blocs lancés par le volcan, des dépôts de cendre étalés sur un large espace? Le choix entre ces trois hypothèses nous semble facile. Des laves rejetées

sous forme liquide auraient formé des coulées suivant les lignes de plus grande pente et comblé sur leur parcours les vallées transversales. Nous voyons au contraire les taches blanches s'allonger en traînées qui franchissent indifféremment les dépressions et les crêtes. Des matériaux pesants se seraient accumulés au voisinage du point d'émission, en formant des cônes réguliers. Il est donc probable que nous avons sous les yeux des dépôts de cendres ou de poussières ténues, projetées à de grandes distances par des explosions violentes, et transportées, dans certains cas, par des courants atmosphériques. Des faits de ce genre ont été observés à maintes reprises sur la terre, bien que l'action de l'eau et de la végétation en aient le plus souvent effacé les traces. Mais la dissémination des cendres sur de vastes espaces a dû être beaucoup plus fréquente sur la Lune. La raréfaction de l'air, d'un côté, et la faiblesse de la pesanteur, de l'autre, favorisaient l'ascension des poussières à une très grande altitude et leur transport dans des régions éloignées. Cette manière de voir est remarquablement confirmée par l'étude de toute la région comprise entre Maurolycus, Gemma Frisius, Apianus, Aben Ezra. Ce qui est exception ailleurs y est devenu la règle : les contours des cirques s'y montrent presque uniformément blancs, et beaucoup de taches claires y empiètent les unes sur les autres. Tout cet espace, criblé de nombreux orifices, semble en même temps recouvert d'une nappe de cendres. Cette circonstance est entièrement favorable à l'hypothèse volcanique, puisque l'on voit souvent à la surface de la terre de nombreuses bouches éruptives entrer en activité, ensemble ou successivement, dans une étendue restreinte.

Les explosions et les pluies de cendres se produisent d'ordinaire au début des éruptions. Les épanchements de lave n'apparaissent qu'ensuite, et leur intensité est en général inverse de celle du phénomène précédent, en sorte que les volcans sujets à de violentes explosions émettent relativement peu de lave. La rareté des coulées bien caractérisées à la surface de la Lune, rapprochée de l'abondance des taches blanches, donnerait à penser que les éruptions, là où leur caractère se trouve bien affirmé, y ont surtout revêtu la forme explosive. A l'appui de cette manière de voir, il est à noter que les coulées se montrent à peu près exclusivement sur les pentes des grands cirques, dont l'évolution a suivi, selon toute apparence, une marche plus calme.

Le tableau suivant renferme les coordonnées d'un certain nombre de cratères entourés d'auréoles ou de taches blanches, visibles dans cette feuille ou dans celles qui l'accompagnent. La multiplicité des exemples que permettent de réunir les cartes embrassant de grandes étendues est bien propre à mettre en évidence le caractère général du phénomène, et conduit d'une manière en quelque sorte irrésistible à l'explication que nous proposons ici.

COORDONNÉES RECTILIGNES DE DIVERSES TACHES BLANCHES.

PLANCHE II.		PLANCHE III.	PLANCHE IV.	PLANCHE V.
0,3 H – 1,7 V	3,3 H – 3,4 V	0,4 H – 5,9 V	1,2 H – 8,6 V	1,5 H – 6,8 V
0,6 H – 1,2 V	3,4 H – 7,8 V	0,7 H – 3,4 V	1,8 H – 8,6 V	2,8 H – 4,7 V
1,1 H – 2,1 V	3,6 H – 8,0 V	0,7 H – 3,7 V	2,0 H – 8,3 V	3,1 H – 4,4 V
1,7 H – 6,6 V	4,5 H – 5,4 V	1,6 H – 0,9 V	3,6 H – 9,3 V	4,1 H – 8,2 V
2,2 H – 9,8 V	4,5 H – 5,9 V	1,6 H – 2,7 V	5,0 H – 8,3 V	5,1 H – 9,0 V
2,5 H – 7,5 V	4,8 H – 8,0 V	3,4 H – 2,2 V	6,0 H – 3,6 V	5,1 H – 0,4 V
2,9 H – 2,6 V	5,0 H – 3,8 V	4,2 H – 9,3 V		
3,1 H – 3,1 V	6,1 H – 9,8 V	7,2 H – 2,1 V		

Les remarques qui précèdent s'appliquent à des formations nombreuses et bien caractérisées, mais en général de petites dimensions. Nous ne voulons pas dire par là qu'il faille revenir à la théorie, aujourd'hui bien discréditée, qui assimile les grands cirques de la Lune à des cratères de volcans. Leur structure est assurément très différente de celle des cratères terrestres et s'explique mieux par une série d'affaissements. Néanmoins il nous semble difficile de ne pas regarder les régions d'où émanent les grandes traînées, comme ayant été le siège d'une activité volcanique particulièrement intense. Celle-ci a pu se faire jour par de nombreuses ouvertures, soit à l'intérieur des aires limitées aujourd'hui par les enceintes de Tycho et de Copernic, soit à leur périphérie. Ni l'impossibilité où nous sommes d'apercevoir tous ces orifices, ni l'absence presque complète à l'heure actuelle d'air et d'eau à la surface de la Lune ne sont des raisons suffisantes pour limiter les manifestations volcaniques qui ont pu s'y produire à de simples épanchements liquides. En dehors de l'hypothèse volcanique, on a invoqué, pour se rendre compte de la formation des cirques, l'action prolongée des tourbillons, le dégagement d'énormes bulles à travers une masse pâteuse, le choc de projectiles venus de l'extérieur, les variations du niveau des lacs sous l'influence de l'attraction terrestre ou de l'abandon des gaz tenus en dissolution. Toutes ces théories sont insuffisantes en présence du fait si général et si remarquable des auréoles et des traînées. L'étude de nos feuilles nous paraît établir avec une probabilité voisine de la certitude que les cirques lunaires se sont constitués *de trois manières différentes*. Les plus petits, ou du moins un grand nombre d'entre eux, sont le résultat d'explosions assez violentes pour pulvériser les matériaux déplacés et les projeter à de grandes distances. Les plus vastes correspondraient à des affaissements généraux de l'écorce, dus aux variations périodiques ou autres de la pression intérieure. Dans les dimensions intermédiaires, les deux causes auront agi successivement : soit que des bouches d'éruption, ouvertes

sur le trajet d'une cassure antérieure, aient modifié l'aspect primitif, soit au contraire qu'une longue série d'éruptions, issues d'une même ouverture, aient préparé l'affaissement d'une aire étendue autour du cratère central.

PLANCHE II.

COORDONNÉES RECTILIGNES DES PRINCIPALES FORMATIONS.

Sacrobosco	0,6 H	1,7 V	Aliacensis	5,7 H	3,6 V
Büsching	0,8 H	6,8 V	Stœfler	6,2 H	7,3 V
Pontanus	1,7 H	3,2 V	Werner	6,3 H	2,6 V
Buch	1,7 H	7,0 V	Fernel	6,3 H	6,3 V
Azophi	1,9 H	0,8 V	Delaunay	6,4 H	0,5 V
Aben Ezra	2,1 H	0,3 V	Blanchinus	6,4 H	1,7 V
Gemma Frisius	2,8 H	5,3 V	Licetus	6,4 H	9,3 V
Barocius	3,0 H	8,9 V	Nonius	6,5 H	5,3 V
Maurolycus	3,5 H	7,9 V	Lacaille	7,1 H	0,9 V
Playfair	3,9 H	1,2 V	Walter	7,6 H	4,5 V
Poisson	3,9 H	3,9 V	Miller	8,0 H	6,6 V
Apianus	4.4 H	2,4 V	Purbach	8.5 H	1,5 V
Faraday	5,5 H	7,9 V			

La lettre H accompagne la coordonnée horizontale, la lettre V la coordonnée verticale.

PLANCHE III.

ARZACHEL. — ALPHONSE. — PTOLÉMÉE.

Le relief du sol semble être, dans cette feuille, soumis à des lois plus simples et plus aisément reconnaissables que dans la partie australe de la Lune. Les grands cirques s'y dessinent en entier, avec une forme régulière, bien qu'un examen plus attentif fasse reconnaître dans leur enceinte l'existence de coupures et d'inégalités nombreuses. La distribution de ces cirques a un caractère manifestement systématique. Nous les voyons se grouper en files dirigées à peu près suivant les méridiens. A la suite des deux séries parallèles formées par Walter, Regiomontanus, Purbach et Thébit d'une part, Aliacensis, Werner, Blanchinus et Lacaille de l'autre, nous en voyons surgir une nouvelle, qui atteint des proportions vraiment grandioses avec Arzachel, Alphonse et Ptolémée, pour se terminer par Herschel (6,1 H – 1,7 V). Thébit A (7,1 H – 8,0 V) offre encore un exemple d'un cirque important implanté sur le rempart d'une formation plus ancienne, mais les enceintes voisines ne portent plus que des cratères parasites de dimensions restreintes. Arzachel est un des types les plus complets et les plus réguliers que l'on puisse voir sur la Lune.

Profond de 4,000 mètres environ, avec une pente peu sensible vers l'extérieur, il est surtout remarquable par la profonde vallée qui dédouble en quelque sorte sa ligne de crête. Bien visible ici dans la partie sud, elle dessine sur le cliché original la circonférence presque entière et semble marquer la limite de l'affaissement principal. Ce mouvement a dû se produire en plusieurs fois, à en juger par les terrasses concentriques que l'on voit courir à des niveaux différents sur la pente intérieure, et qui se prolongent au nord-ouest par-dessus la masse montagneuse qui relie Arzachel avec Alphonse. La plaine intérieure d'Arzachel est interrompue par une haute montagne conique allongée du nord au sud, par un cratère central et par quelques cratères secondaires qui semblent avoir blanchi le sol autour d'eux. Alpetragius (7,0 H – 5,9 V) est trop envahi par l'ombre pour que l'on puisse lui reconnaître d'autres caractères que sa grande profondeur et sa régularité. Alphonse, un peu plus grand qu'Arzachel, est moins creux et moins bien formé. Son enceinte se montre nettement dédoublée du côté de l'est et hachée au nord-est de coupures nombreuses, continuées sur le fond du cirque par des vallonnements parallèles et au dehors par des vallées très longues et très nettes qui se terminent aux environs de Lalande. Sa montagne centrale, moins élevée que celle d'Arzachel, se développe dans la même direction et se prolonge par une veine saillante qui traverse le cirque entier.

Ptolémée, presque exactement circulaire, avec une tendance sensible à la forme polygonale, ne mesure pas moins de 180 kilomètres de largeur. Le fond, plus uni que dans les deux précédents, y est moins déprimé et ne descend pas au-dessous du niveau moyen de la région qui s'étend vers l'est. La courbure du globe lunaire est assez sensible dans cet intervalle pour qu'un observateur qui serait placé au centre de Ptolémée puisse s'y croire dans une plaine indéfinie. Tout au plus apercevrait-il quelques points isolés du rempart, qui dépasse cependant 2,500 mètres de hauteur.

Le fond de Ptolémée présente, sous un éclairage favorable, en dehors de deux cratères bien visibles, quelques veines saillantes, des dépressions et des taches nombreuses. Mais, en somme, cette vaste plaine est une des régions de la Lune les plus dénuées de relief, et la comparaison avec les plateaux voisins ne permet guère de douter que les accidents primitifs du sol n'y aient disparu par submersion. La même remarque s'applique au cirque voisin, Albategnius, où, en dehors de quelques cirques parasites et d'une montagne centrale, la plaine intérieure se montre parfaitement unie et ne révèle ses ondulations que par des ombres fugitives, malaisées à identifier.

Lord Rosse avait annoncé que son grand télescope permettait de distinguer, sur le fond d'Albategnius, de simples blocs de rochers éboulés. Il faudrait supposer aux

matériaux de l'écorce lunaire une cohésion tout à fait exceptionnelle, si l'on veut admettre qu'ils aient pu se maintenir dans leur chute en masses assez considérables pour être visibles. Les collines isolées du Sud, qui s'observent au pied du rempart, s'interprètent plus aisément comme des sommets que l'inondation intérieure a entourés sans les recouvrir.

Le nombre des cirques partiellement comblés ou effacés est d'ailleurs considérable dans cette région. Réaumur (4,9 H – 0,4 V) et Flammarion (7,0 H – 0,8 V), situés à la limite du Sinus Medii, sont évidemment dans ce cas. Le rempart massif qui prolonge au nord et au sud le mur ouest de Thébit (6,5 H à 8,6 H), (7,8 V à 7,0 V), et qui s'avance dans la mer des Nuages, où il porte le nom de Promontorium Ænarium, est sans doute le reste d'une vaste enceinte circulaire, analogue à celle qui enveloppe aujourd'hui Hell et Lexell.

Entre les grands cirques que nous venons de passer en revue et la mer des Nuages, l'abaissement de niveau est considérable et se révèle avec une netteté particulière par la grande terrasse rectiligne connue sous le nom de Mur droit (8,5 H – 8,3 V). Il est à croire que la tendance à l'affaissement a été ici croissante de l'ouest à l'est, qu'une déchirure s'est produite et que son bord oriental s'est affaissé en donnant passage à un épanchement de liquides intérieurs qui n'a pas laissé d'ouverture visible. L'orientation si bien manifestée par le Mur droit est peut-être aussi la conséquence d'un phénomène plus ancien et plus général. Nous retrouvons cette direction à peine modifiée dans les trois alignements des grands cirques que nous venons de citer plus haut, dans les vallées qui franchissent l'intervalle entre Alphonse et Lalande, dans les montagnes centrales de Purbach, d'Arzachel et d'Alphonse, dans les sillons si curieux qui s'étendent entre Arzachel et le bord occidental d'Albategnius, dans la coupure profonde que l'on voit à l'ouest d'Herschel.

Un second système de rainures, coupant le premier sous un angle de 75 degrés environ, comprend des vallées tangentes aux deux bords opposés d'Arzachel et d'Albategnius, des sillons visibles sur les pentes intérieures d'Arzachel et d'Alphonse, sur les fonds plats de Réaumur et de Flammarion, mais s'étendant bien au delà des limites de ces cirques. En dehors de ces deux systèmes, on relèvera encore un curieux alignement de petits cratères, dessinant une tangente commune extérieure aux remparts d'Albategnius et de Ptolémée. Albategnius se trouve ainsi inscrit dans un quadrilatère, et l'on peut même constater que les deux angles aigus de ce quadrilatère sont abattus, de manière à donner un hexagone presque régulier.

Ces vallées, d'un caractère si nettement systématique, et dont on pourrait retrouver les analogues dans d'autres régions de la Lune, conservent d'un bout à

IMPRIMERIE NATIONALE.

l'autre une largeur presque uniforme, franchissent, sans changer d'aspect, des différences de niveau considérables, se croisent sans s'arrêter, se retrouvent jusque sur les crêtes élevées, et, un peu moins marquées, sur le fond de plusieurs cirques. Il est évidemment impossible de les attribuer à l'érosion des glaces ou des eaux, ni même à aucune force connue agissant sur le relief actuel; il faut admettre que ces sillons se sont formés à une époque très ancienne, et qu'ils sont antérieurs aux affaissements et aux plissements qui ont déterminé la forme actuelle des cirques. L'existence de traits rectilignes, courant sans déviation sur de vastes étendues, suppose l'intervention d'une force qui ne rencontre que peu d'obstacles. Tels sont les courants atmosphériques ou marins. Il semble donc naturel de faire remonter les sillons à l'époque où une croûte solide a commencé à se former sur la Lune encore fluide, par la jonction des bancs de scories créés à sa surface. Ces îlots solides, poussés par les courants qui agitaient la masse fluide, se sont usés mutuellement, ont pris des formes polygonales et ont fini par se souder suivant les portions de contour rectiligne ainsi formées. Parfois la jonction, accomplie sous l'influence de fortes pressions, a été parfaite. Les bords en contact se sont redressés, donnant lieu à l'apparition d'une veine saillante. Ailleurs les fragments interposés ont retardé la soudure; il s'est formé ainsi une ligne de plus faible résistance, sur le trajet de laquelle les éruptions ont trouvé à se faire jour, et qui a fréquemment servi de limite aux affaissements ultérieurs. On s'expliquerait ainsi la forme polygonale des remparts, la coïncidence fréquente entre les sillons rectilignes et les tangentes aux courbes limites des cirques. Pour plus de détails sur la formation de ces rainures, on pourra consulter une note publiée par nous dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences (séance du 8 juillet 1895).

Les différences de teintes qui se rencontrent dans cette feuille ne sont pas moins dignes d'attention. Les remparts élevés qui séparent Purbach de Blanchinus (3,9 H – 9,4 V) et de Lacaille (4,5 H – 8,7 V) se distinguent par une blancheur anormale, sans doute en relation avec la présence de nombreux petits cratères sur la crête des cirques.

C'est aussi à des émanations volcaniques que doivent être attribués l'éclat particulier de certaines portions d'Arzachel et l'auréole blanche qui environne un certain nombre de petits orifices à l'ouest d'Albategnius et au sud-ouest d'Hipparque. Par contre, le fond de Lacaille est d'une teinte exceptionnellement sombre. On reconnaîtra aussi les taches noires, souvent signalées, qui existent à l'intérieur d'Alphonse. Contrairement à une opinion répandue, ces taches demeurent ici bien visibles, malgré le voisinage du terminateur, ce qui tendrait à prouver que la

photographie l'emporte sur l'œil dans l'appréciation des teintes. On peut attribuer l'aspect spécial de ces emplacements, situés dans des régions déprimées, à ce que, demeurés les derniers à l'état liquide, ils ont absorbé les émanations volcaniques qui ont blanchi plus ou moins tout le sol environnant.

PLANCHE III.

COORDONNÉES RECTILIGNES DES PRINCIPALES FORMATIONS.

Playfair	1,2 H	8,6 V	Ptolémée	5,9 H	3,1 V
Hind	1,7 H	2,5 V	Arzachel	5,9 H	6,7 V
Argelander	2,3 H	5,9 V	Purbach	5,9 H	9,5 V
Horroks	2,4 H	0,9 V	Herschel	6,1 H	1,7 V
Halley	2,4 H	2,5 V	Alphonse	6,4 H	4,8 V
Airy	2,4 H	6,5 V	Thébit	6,6 H	8,2 V
Donati	2,6 H	7,5 V	Alpetragius	7,0 H	5,9 V
Hipparque	2,8 H	1,6 V	Flammarion	7,0 H	0,8 V
Albategnius	3,2 H	3,9 V	Thébit A	7,1 H	8,0 V
Faye	3,2 H	7,8 V	Promontorium Ænarium.	7,8 H	7,0 V
Parrot	3,5 H	5,2 V	Mur droit	8,5 H	8,3 V
Delaunay	3,6 H	8,2 V	Lassell	8,6 H	5,7 V
Albategnius A	3,8 H	4,1 V	Bird	8,7 H	8,4 V
Blanchinus	3,9 H	9,4 V	Davy	8,8 H	4,4 V
Lacaille	4,5 H	8,7 V	Lalande	9,3 H	1,4 V
Réaumur	4,9 H	0,4 V			

La lettre H accompagne la coordonnée horizontale, la lettre V la coordonnée verticale.

PLANCHE IV.

ALBATEGNIUS. — HIPPARQUE. — HYGINUS.

Cette feuille marque en quelque sorte la transition entre la région australe de la Lune, où d'énormes remparts montagneux s'enchevêtrent et se superposent, et la zone des mers, relativement plate et affaissée, qui s'étend au nord de l'équateur. Les cirques sont encore nombreux, mais ils n'atteignent plus aux mêmes profondeurs qu'aux environs de Maginus et de Walter. La plupart présentent un fond plat; la montagne centrale est isolée ou absente; beaucoup de remparts sont incomplets ou effacés.

Ces circonstances s'accordent à indiquer qu'un épanchement liquide d'une certaine importance s'est fait jour dans les parties déprimées, a partiellement effacé le relief antérieur, et que, depuis sa solidification, le sol n'a plus éprouvé de remaniement notable. Ces caractères sont déjà reconnaissables dans le grand cirque Albategnius, qui occupe l'angle sud-est de la carte. On relève cependant, même dans la

partie en apparence la plus unie, un certain nombre de bassins à peine déprimés. Beaucoup plus nets sont les sillons rectilignes qui encadrent le rempart et dessinent un losange presque parfait. L'un d'eux est tangent au bord ouest d'Albategnius. Le bord oriental du cirque a aussi le sien, parallèle au premier et plus étendu encore, mais visible seulement en partie à la limite de la carte. On peut se convaincre, dans une phase plus avancée, qu'il franchit sans déviation les bourrelets de Parrot et d'Albategnius A (7,9 H – 8,9 V). Des mouvements de terrain parallèles, dus sans doute à d'anciennes cassures de l'écorce, dessinent des tangentes aux bords occidentaux d'Albuféda (2,7 H – 9,7 V) et d'Hipparque (7,0 H – 6,4 V). Ce dernier sillon, formant aussi la limite occidentale de Rhæticus (6,9 H – 4,2 V), peut être suivi sur 250 kilomètres de longueur, ou même davantage, si, comme il est probable, il se continue par la fissure principale de Triesnecker (7,6 H – 2,6 V).

La même orientation se retrouve dans la plupart des vallées environnantes. Un second système, coupant le premier sous un angle de 80 degrés environ, comprend, avec les deux autres côtés du losange d'Albategnius, la fissure connue de Réaumur (8,8 H – 5,0 V). Celle-ci semble, sur notre épreuve, franchir le cirque de Rhæticus et se prolonger à l'ouest sous forme de vallée discontinue. Le parallélisme de ces sillons et leur unité de plan sont plus apparents sur les photographies que sur les meilleures cartes.

Les fissures bien connues de Triesnecker, Hyginus, Ariadæus se montrent ici avec une grande netteté. On sait que les embranchements multiples et les détails délicats que l'on y a relevés ne sont jamais visibles tous à la fois. On ne saurait donc demander à une seule épreuve de les indiquer tous. Ainsi la ligne de jonction ζ, découverte par le Rév. Webb, entre les fissures d'Ariadæus et d'Hyginus, est à peine reconnaissable sur cette feuille, quoique très nette sur quelques-uns de nos clichés. En revanche, on peut vérifier ici, ou mieux encore sur des agrandissements d'un ton différent, l'existence d'un prolongement de cette ligne dans la direction de Triesnecker, celle de deux traits de jonction entre les fissures ζ et β de Triesnecker, le dédoublement de la rainure γ du même système, qui se montre traversée par un pont oblique, l'élargissement progressif de ces fissures en approchant de leur point de jonction, réunion qui est marquée par un entonnoir circulaire. La rainure δ semble formée par une série d'évasements qui empiètent les uns sur les autres, au point qu'on ne saurait en assigner le nombre avec certitude. Ce caractère se reconnaît mieux encore dans certaines parties de la grande rainure d'Hyginus, et le cirque d'Hyginus (6,3 H – 1,2 V) lui-même est sans doute l'exemplaire le plus vaste et le mieux caractérisé de ces cratères sans rebord qui s'ouvrent de préfé-

rence sur le trajet des fissures. On peut douter s'il y a eu en ces points explosion ou effondrement. La forme générale de ces crevasses, qui s'amincissent à leurs deux extrémités et peuvent se croiser sans s'interrompre, montrent qu'elles n'ont point été créées par les eaux, et sont dues à des ruptures dans l'écorce solide. Certains indices feraient toutefois supposer que l'érosion a dû modifier leur physionomie primitive et travailler à les élargir, notamment aux confluents et aux coudes. Les dernières eaux courantes qui aient circulé sur la Lune se sont peut-être infiltrées par cette voie dans les couches profondes. Il est à noter que le petit cratère (4,9 H – 1,8 V) situé au nord d'Agrippa ne marque pas, comme on l'admet généralement, la fin de la rainure d'Hyginus. Celle-ci se divise avant de l'atteindre et envoie de part et d'autre deux branches, dirigées l'une vers Agrippa, l'autre vers Silberschlag (3,4 H – 1,8 V).

La partie orientale de la rainure d'Hyginus se rattache encore à un autre système de sillons parallèles, qui côtoient ou traversent Boscovich (4,1 H – 0,3 V) et Jules-César (2,4 H – 0,7 V).

La grande rainure d'Ariadæus offre cette particularité intéressante, de se contracter fortement au passage de deux chaînons montagneux qu'elle traverse au voisinage de Silberschlag. Plus loin, elle semble disparaître entièrement en croisant une autre élévation de terrain [Ariadæus β de M. Neison (2,3 H – 1,9 V)]. Comme la fissure retrouve aussitôt après sa largeur et sa direction antérieures, il est à croire que, même dans ce dernier cas, elle n'est pas interrompue d'une manière complète, mais seulement rétrécie au point de devenir invisible.

Quelques-uns des cirques représentés dans cette feuille sont remarquables par la netteté et l'isolement de leurs montagnes centrales. De ce nombre sont Albategnius, Agrippa et Godin. Dans la plaine intérieure d'Albategnius, près de l'extrémité nord, s'ouvre une fosse allongée (7,4 H – 8,2 V) dans la direction du méridien, et dénuée de tout rempart saillant, ce qui est rare pour des ouvertures de cette dimension. Sur les phases un peu plus avancées, on voit qu'elle possède un fond plat. L'inspection des ombres montre que cette fosse est plus profonde qu'Albategnius A, qui est lui-même déprimé par rapport au cirque principal. On a donc dans une étendue restreinte une sorte d'échelle chronologique constituée par quatre étages différents, où le niveau de la masse liquide est demeuré fixe assez longtemps pour donner lieu à la formation d'une croûte persistante. On doit considérer les niveaux les plus bas comme dus à des affaissements plus récents, et les intervalles comme mesurant les accroissements successifs de la lithosphère. Nous pouvons ainsi nous rendre compte de la diminution progressive du volume de la Lune

sous l'influence du refroidissement, de l'épaississement graduel de la croûte solide et de la tendance des cirques à se limiter à des aires de plus en plus réduites. Le cirque de Halley (6,5 H – 7,4 V) offre à l'intérieur, du côté de l'est, une pente très escarpée, située sur le trajet de l'un des sillons rectilignes qui encadrent Albategnius. L'enceinte de Halley comprend deux petits cratères, l'un trouvé par Bird sur une photographie de Rutherfurd, l'autre signalé plus récemment par M. Gaudibert. Le premier seul est visible sur notre épreuve; le second, situé dans la partie ouest du cirque, est encore dans l'ombre. M. Gaudibert le regarde comme le plus aisément visible des deux, et en a conclu qu'il devait être de formation plus récente. Pour accepter cette conséquence, il faudrait être certain que, dans les deux cas, l'éclairage était également favorable à la visibilité des deux cratères comparés. L'exemple fourni par notre épreuve montre qu'il n'en est pas toujours ainsi.

Hipparque est une grande enceinte tout à fait ruinée et irrégulière, qui n'offre une apparence d'unité que sous un soleil presque rasant. Elle est sillonnée dans le sens du méridien par deux larges vallées à pentes douces. De l'angle nord-est de cette formation part une rainure étroite qui se dirige vers Réaumur. Delambre, sur le côté ouest de la feuille, est au contraire un exemple de cirque régulier et bien conservé. La circonvallation de la crête et les terrasses intérieures y sont distinctement visibles, malgré la distance où l'on se trouve du terminateur. Ariadæus offre un spécimen intéressant de cratère double, avec une cloison intermédiaire mince, mais bien apparente. Immédiatement au sud de Godin *b* (4,7 H – 3,9 V), on voit un plateau (4,6 H – 4,2 V) circulaire surélevé, sans rebord saillant. Cette forme insolide, dont Wargentin constitue, près du bord oriental de la Lune un exemplaire plus étendu, mais moins commodément placé pour l'étude, présente, au jugement du professeur Suess, un intérêt géologique exceptionnel. Il y aurait eu ici envahissement complet d'un cirque par des laves fondues, qui se seraient élevées jusqu'à la crête du rempart et se seraient solidifiées dans cette position.

Nous trouvons ici, dans la partie est de la mer de la Tranquillité, l'une des régions les plus unies et les plus sombres de la Lune. Ces deux caractères généralement associés paraissent devoir être interprétés comme l'indice d'une solidification relativement récente. L'uniformité du sol, en effet, indique un épanchement de liquide qui a effacé tous les accidents anciens. La teinte sombre montre que ces emplacements ont échappé aux dépôts superficiels de cendres blanches que nous avons rattachés à des phénomènes volcaniques survenus bien après la constitution de la croûte solide. On retrouve ce double caractère, non moins accentué, dans les plaines intérieures de Jules-César et de Boscovich, et dans le golfe presque détaché

de la mer de la Tranquillité (1,1 H – 2,2 V) que l'on voit immédiatement au nord d'Ariadæus. On remarquera avec quelle netteté le fond noir de ce golfe se dessine ici, bien que M. Neison le signale comme étant d'une observation difficile.

A l'extrémité opposée de la gamme des teintes, on peut citer de petits cratères situés sur des points élevés, et qu'entoure une plage d'un blanc éclatant. De ce nombre est Rhæticus *b* (6,0 H – 3,6 V). Une tache brillante plus étendue est visible près de Descartes (1,8 H – 8,0 V). Quelques-unes de ces taches s'allongent en traînées, comme celle que l'on voit s'étendre entre Ariadæus (1,3 H – 2,5 V) et Whewell (2,9 H – 2,6 V).

On notera aussi la teinte particulière des remparts de Denys (1,3 H – 3,2 V), l'un des cirques les plus brillants de la Lune. Ce cirque émet de nombreuses traînées, courtes mais distinctes, et particulièrement développées vers le nord-est. Des auréoles claires existent encore autour des orifices volcaniques qui sont répandus dans la partie nord-est du rempart d'Albategnius. Hind (5,8 H – 7,4 V) et les cirques voisins sont dans le même cas. Il existe, ainsi que nous l'avons vu (p. 20), de fortes raisons pour attribuer ces teintes exceptionnelles à des dépôts de cendres volcaniques qui se seraient étendus, avec une abondance variable, à la surface presque entière de la Lune. Ces dépôts n'auraient pu se maintenir à la surface dans les fosses déprimées, encore liquides à l'époque de l'émission des cendres.

PLANCHE IV.

COORDONNÉES RECTILIGNES DES PRINCIPALES FORMATIONS.

Maclear	0,3 H	0,2 V	Silberschlag	3,4 H	1,8 V
Ritter	0,4 H	3,5 V	Boscovich	4,1 H	0,3 V
Alfraganus	0,4 H	6,4 V	Agrippa	4,3 H	2,6 V
Delambre	1,2 H	5,0 V	Godin	4,4 H	3,4 V
Sosigène	1,3 H	0,9 V	Godin *b*	4,7 H	3,9 V
Ariadæus	1,3 H	2,5 V	Hind	5,8 H	7,4 V
Denys	1,3 H	3,2 V	Hyginus	6,3 H	1,2 V
Taylor	1,5 H	6,4 V	Horroks	6,5 H	5,7 V
Theon junior	1,9 H	5,1 V	Halley	6,5 H	7,4 V
Theon senior	2,0 H	4,5 V	Rhæticus	6,9 H	4,2 V
Descartes	2,0 H	8,8 V	Hipparque	7,0 H	6,4 V
Cayley	2,3 H	2,6 V	Albategnius	7,4 H	8,7 V
Jules-César	2,4 H	0,7 V	Triesnecker	7,6 H	2,6 V
Dollond	2,6 H	8,3 V	Albategnius A	7,9 H	8,9 V
Albuféda	2,7 H	9,7 V	Ukert	8,7 H	1,2 V
Whewell	2,9 H	2,6 V	Réaumur	8,8 H	5,0 V

La lettre H accompagne la coordonnée horizontale, la lettre V la coordonnée verticale.

PLANCHE V.

APENNINS. — CAUCASE. — ALPES.

Nous avons ici sous les yeux une région éminemment pittoresque. La rareté relative des cirques, la séparation tranchée des plaines et des montagnes, l'existence de trois massifs considérables, disposés sur un plan linéaire et faisant cercle autour d'une vaste dépression, la mer des Pluies, concourent pour donner jusqu'à un certain point l'impression d'un paysage terrestre. Les cuvettes bordées de montagnes, telles que la haute Italie, la Bohême, la Transylvanie, pourraient fournir des éléments de comparaison. Les ombres qui recouvrent le flanc nord-est des Apennins lunaires indiquent une chute aussi rapide que celle des Alpes terrestres sur le Piémont et une différence de niveau plus grande, allant à 5,500 mètres au mont Huyghens. Les ombres effilées projetées par les Alpes lunaires (au bas de l'épreuve) révèlent des formes variées et hardies. Mais l'analogie ne se soutient pas jusqu'au bout. Aucun des trois massifs montagneux représentés ici n'offre de ligne dorsale continue. On n'observe point à leur base de plissements parallèles analogues à ceux du Jura ou de la Bavière. Nulle part, il ne s'est formé de vallées ramifiées avec thalweg net. Aucun dépôt d'alluvion considérable n'indique le travail des eaux; on ne voit pas de bourrelet morainique qui puisse être attribué à l'action d'anciens glaciers.

La forme générale du massif des Apennins, qui occupe le haut de la feuille, est celle d'un triangle curviligne assez vaguement limité vers le sud, beaucoup plus nettement à l'est et à l'ouest, où la chute totale s'effectue dans une bande de 30 à 100 kilomètres de largeur. La raison d'être de cette forme doit être cherchée dans l'existence de deux vastes aires d'affaissement, la mer de la Sérénité et la mer des Pluies, l'une et l'autre presque exactement circulaires. Dans l'intervalle qui les sépare, les Apennins et le Caucase sont demeurés debout, comme des témoins du niveau primitif, pendant que des liquides condensés à la surface ou jaillissant de l'intérieur envahissaient les parties déprimées et leur donnaient l'aspect plat et uniforme sous lequel nous les voyons aujourd'hui.

Si l'on considère en particulier les Apennins, il semble que l'affaissement qui les a constitués à l'état de massif isolé a été lent et progressif vers le sud. Il a dû être beaucoup plus rapide vers le nord-est, du côté de la mer des Pluies, et la matière de l'écorce lunaire ne s'est pas trouvée suffisamment plastique pour y céder sans déchirure. Ainsi s'expliquent les longues fissures sinueuses que l'on voit courir à la base des Apennins, où elles dessinent à peu près des lignes de niveau. Ces fissures

se montrent, en général, doubles ou triples. Près du mont Hadley (4,0 H – 6,4 V), elles courent parallèlement et sont séparées par des bandes étroites, particularité qui leur est commune avec la rainure γ de Triesnecker. On constate également l'existence d'un second système de vallées, moins accusé que le premier et à peu près à angle droit avec lui. Ces sillons, visibles notamment entre Archimède et le mont Huyghens, semblent franchir la crête des Apennins et peuvent être suivis sur l'autre versant. L'un d'eux, tangent au rempart d'Autolycus (5,6 H – 5, 9 V), paraît former vers le nord l'extrême limite du massif. L'apparition d'un double système de cassures croisées à angle droit est un fait d'observation courante sur les glaciers, où la tendance à l'affaissement est combattue par le frottement des roches sous-jacentes.

Sur les points élevés du massif, on observe plusieurs cratères, en général entourés de plages brillantes. Ce caractère est surtout marqué pour Aratus (4,0 H – 8,1 V). Des traînées blanches s'étendent aussi du Caucase et des Apennins vers l'ouest et tranchent sur le fond sombre de la mer de la Sérénité. La tache blanche de Linné (1,5 H – 6,7 V) montre en son centre, sous un éclairage favorable, un petit cratère. Plus à l'ouest se présentent cinq entonnoirs dont l'alignement remarquable fait présumer qu'ils ont dû se former sur le trajet d'une même crevasse.

Au nord des Apennins, une large trouée unit la mer de la Sérénité à la mer des Pluies, connue en cet endroit sous le nom de Palus Putredinis. Une ligne d'ombre dirigée du nord au sud indique un niveau plus bas du côté de la mer des Pluies. Il est donc probable que l'affaissement s'est propagé dans cette direction. Cette manière de voir est confirmée par l'existence de plusieurs terrasses parallèles à la première et que l'on rencontre en marchant vers l'est. A l'époque où les affaissements se sont produits, la surface de la mer devait avoir une consistance solide ou tout au moins fangeuse, en sorte que l'égalité du niveau n'a pu se rétablir.

Les trois beaux cirques visibles vers le centre sont Archimède (7,6 H – 6,3 V), Autolycus (5,6 H – 5,9 V), Aristillus (5,8 H – 5,0 V). Le premier est remarquable par l'aspect uni de la plaine intérieure et l'absence de montagne centrale. Le dernier, profond de 3,000 mètres environ, possède au contraire une sommité intérieure importante, et se montre entouré d'un réseau de veines divergentes. Cette apparence peut être attribuée à des érosions exercées sur les pentes ou, avec plus de vraisemblance, à des coulées de lave qui les auraient recouvertes. La même apparence se rencontre autour d'Aristote (2,1 H – 0,6 V). Le cirque voisin Eudoxe (1,6 H – 2,0 V) est remarquable par les formations rectilignes qui l'encadrent et qui dessinent un parallélogramme. Non loin de là, Égède (3,8 H – 1,0 V) a pour contour un losange presque régulier. Les deux orientations accusées par Eudoxe et

IMPRIMERIE NATIONALE.

Égède se retrouvent dans les dépressions du massif des Alpes, notamment dans la grande vallée (6,0 H – 0,9 V) qui forme l'un des traits les plus curieux de la surface de la Lune. Des considérations développées par le professeur Suess[1] et par nous-mêmes[2], il résulte que la formation de cette vallée doit remonter à l'époque où la croûte lunaire possédait une certaine mobilité, et où les îlots de scories formés à sa surface pouvaient encore se déplacer, les uns par rapport aux autres, avec friction mutuelle. L'existence de frottements énergiques est confirmée par le redressement des bords de la vallée des Alpes. Un simple coup d'œil montre que cette énorme coupure, d'une largeur presque uniforme sur tout son parcours et ne recevant point d'affluents, ne saurait être attribuée à l'action des eaux.

L'inspection des ombres indique que les petits cratères, qui surgissent isolément du sein de la mer des Pluies, ont une saillie comparable à leur dépression intérieure. L'élévation des remparts est relativement faible pour les grands cirques, dont le fond s'abaisse à 2,000 mètres ou davantage au-dessous du niveau moyen de la plaine. Une exception doit être faite pour Cassini (4,9 H – 3,1 V) dont le bassin intérieur, à peine déprimé et interrompu par deux grands cratères, semble avoir été comblé par un épanchement de lave. Plusieurs sommités, qui n'ont point l'apparence cratériforme, se dressent également au milieu de la mer des Pluies. Leur relief accusé, non moins que leur teinte claire, les différencient absolument du sol qui les entoure, et il est probable que des chaînons, devenus invisibles par submersion, les rattachent aux Alpes ou au Caucase.

PLANCHE V.

COORDONNÉES RECTILIGNES DES PRINCIPALES FORMATIONS.

Mer de la Sérénité.	0,0 à 3,7 H	3,7 à 10,0 V	Aratus.	4,0 H	8,1 V
Apennins	0,3 – 7,7 H	6,4 – 10,0 V	Theætetus.	4,1 H	4,0 V
Sulpicius Gallus	0,9 H	5,9 V	Cassini.	4,9 H	3,1 V
Linné.	1,5 H	6,7 V	Conon.	5,0 H	8,8 V
Eudoxe.	1,6 H	2,0 V	Autolycus.	5,6 H	5,9 V
Aristote.	2,1 H	0,6 V	Aristillus	5,8 H	5,0 V
Caucase	2,3 – 3,9 H	2,2 – 5,9 V	Vallée des Alpes.	6,0 H	0,9 V
Calippus.	2,8 H	3,4 V	Piton.	6,9 H	3,0 V
Alpes	3,7 – 9,0 H	0,0 – 2,6 V	Mont Huyghens.	7,0 H	9,6 V
Mer des Pluies.	3,7 – 10,0 H	0,0 – 10,0 V	Piazzi Smyth	7,6 H	2,8 V
Égède.	3,8 H	1,0 V	Archimède.	7,6 H	6,3 V
Mont Hadley.	4,0 H	6,4 V	Kirch.	8,4 H	3,5 V

La lettre H accompagne la coordonnée horizontale, la lettre V la coordonnée verticale.

(1) *Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften in Wien*, 1er février 1895.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 8 juillet 1895.

CHAPITRE III.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES CONCERNANT LA STRUCTURE ET L'HISTOIRE DE L'ÉCORCE LUNAIRE.

Il paraîtra sans doute utile, au terme de cette étude, de chercher à relier ensemble, dans un ordre logique, les faits que nous avons eu occasion de signaler. Nous y trouverons les éléments nécessaires pour esquisser l'histoire de la formation de l'écorce lunaire, depuis la période de fluidité complète jusqu'à l'époque actuelle.

Avant tout, il convient d'écarter une fin de non-recevoir, que l'on pourrait être tenté de nous opposer, sur une question qui aura une grande importance dans la suite. On a cru longtemps, à la suite des recherches de Bessel, que la densité de l'atmosphère de la Lune, si toutefois elle existe, ne pouvait dépasser 1/900ᵉ environ de celle de la Terre. Cette conclusion repose sur l'identité presque absolue des valeurs trouvées pour le diamètre de la Lune, d'un côté par les observations méridiennes ou micrométriques, de l'autre par les occultations d'étoiles.

La discussion des observations plus récentes tend à montrer que le demi-diamètre de la Lune déduit des observations méridiennes doit, si l'on veut arriver à une représentation convenable des occultations et des éclipses, être diminué de 2″ ou même de 2″5. En considérant cette différence comme certaine et en se plaçant au point de vue de Bessel, on serait amené à regarder comme établie l'existence, à la surface de la Lune, d'une atmosphère environ 900 fois moins dense que celle de la Terre. En réalité, nous ne connaissons pas assez exactement le demi-diamètre de la Lune tel qu'il résulterait de mesures directes, et, d'autre part, nous ne pouvons pas affirmer que la discordance signalée ne tient pas à d'autres causes physiques. Ce que nous avons seulement en vue, c'est d'établir que la raison principale invoquée, pour nier l'existence d'une atmosphère appréciable autour de la Lune, n'a plus actuellement de valeur, et que les probabilités seraient plutôt en faveur d'une conclusion affirmative. Nous admettrons néanmoins, avec la plupart des astronomes, que la Lune ne possède pas aujourd'hui de surface liquide et n'a qu'une enveloppe gazeuse à peine appréciable; avec la plupart des géologues, que la vapeur d'eau est l'agent indispensable des éruptions volcaniques. Ces deux points demanderaient,

croyons-nous, à être plus rigoureusement démontrés. Mais, dût-on les considérer comme hors de discussion, on n'est pas fondé à exclure pour tous les accidents du sol lunaire l'hypothèse d'une origine éruptive. Il nous semble même beaucoup plus probable, et cette opinion est aussi celle du professeur Suess, que la Lune a possédé autrefois de l'air et de l'eau, et que, par suite, les conditions nécessaires des éruptions volcaniques s'y sont trouvées réunies. C'est au moins une conséquence directe de la célèbre théorie de Laplace.

Satellite de la Terre, fragment détaché de ses couches équatoriales et superficielles, la Lune doit renfermer les principaux éléments chimiques du globe terrestre, et notamment les matériaux relativement légers de la couche externe. On conçoit qu'au moment de la séparation des deux globes, l'attraction prédominante de la Terre a retenu autour d'elle la presque totalité de l'enveloppe gazeuse. Une partie notable des gaz, portés à de hautes températures, ont probablement échappé à la sphère d'attraction de la Lune par le seul effet de leur énergie cinétique. Le faible approvisionnement, resté par suite sur notre satellite, a dû nécessairement diminuer depuis la consolidation complète de l'écorce. L'eau condensée à la surface s'est incorporée au sol en formant des combinaisons stables qui la retiennent encore à l'heure actuelle. Il suffit, pour comprendre la possibilité de cette transformation, d'examiner ce qui se passe sur la Terre. Le cycle incessant que l'eau accomplit sous nos yeux ne s'est pas toujours produit et ne durera pas toujours. Il est à croire qu'il ne porte pas sur une quantité invariable. La formation des bancs de sel gemme, des couches de gypse et de calcaire a pour effet de soustraire de la circulation une quantité d'eau de plus en plus grande, qui s'unit à des sels solides et ne peut plus en être séparée par le jeu régulier des forces naturelles. Ce que nous disons de l'eau s'applique à l'atmosphère. C'est à elle qu'ont dû être empruntés le carbone des terrains houillers, l'azote des terres végétales et des nitrates péruviens, l'oxygène des roches siliceuses. Rien ne dit que cette évolution soit parvenue à son terme. Elle devrait se manifester à la longue par l'abaissement du niveau des océans et de la colonne barométrique. Si les observations ne déposent pas encore clairement dans ce sens, on comprend très bien que la Lune, moins bien approvisionnée d'air et d'eau, et plus développée en surface à volume égal, ait consommé plus tôt ses réserves. En supposant le partage des atmosphères fait à l'origine proportionnellement aux masses, celle de la Lune devrait représenter 1/80 de celle de la Terre. En prenant, au lieu du rapport des masses, celui du volume des sphères d'attraction, ce qui est, *à priori*, plus vraisemblable, on trouverait, pour la part afférente à notre satellite, 1/729. Des considérations assez plausibles tendraient encore à faire ré-

duire ce chiffre. Nos moyens d'observation actuels ne nous permettent pas de nous prononcer sur la présence ou l'absence d'une atmosphère aussi rare. Cette faible enveloppe gazeuse se sera trouvée, sur la Lune, en présence d'une surface absorbante seulement douze fois moindre. Les conditions ultérieures ont dû être également moins favorables à la conservation d'une atmosphère libre. La marche bien plus rapide du refroidissement sur la Lune a dû amener l'emprisonnement d'une quantité relativement plus grande de gaz et de vapeur d'eau dans des cavités intérieures. Une certaine fraction aura été mise en liberté par les éruptions dont nous relevons les indices si nombreux; elle aura pu, avant de disparaître, produire ces effets d'érosion dont un observateur consciencieux et habile, M. Neison, croit découvrir les traces sur presque toute la surface de la Lune. Plus tard, les fluides demeurés libres se seront fixés dans l'écorce ou infiltrés dans des crevasses. Le refroidissement graduel de la planète aura mis fin aux éruptions, et les eaux souterraines auront cessé d'être ramenées à la surface par l'action de la chaleur interne. Nous ne devons donc pas nous refuser à reconnaître sur la Lune le travail de l'air et de l'eau, s'il se révèle à nous par des manifestations certaines. On est encore moins en droit de contester la réalité des éruptions volcaniques, dont l'activité est subordonnée uniquement à la tension des gaz intérieurs, et non à celle de l'atmosphère libre. La rapidité du refroidissement, la faiblesse de la pesanteur à la surface et celle de la pression atmosphérique sont, au contraire, des conditions éminemment propres à favoriser les éruptions, et doivent, *à priori*, faire considérer celles-ci comme un des facteurs probables de la constitution du sol lunaire.

Les phénomènes éruptifs exigent, pour laisser des traces durables, une écorce déjà résistante. Nous pouvons chercher à remonter plus haut, à cette *première période* dans l'histoire de l'écorce lunaire, où les scories, formées sur la surface encore fluide, ont commencé à constituer des bancs étendus et à se souder ensemble. Des courants, provoqués par les marées d'origine terrestre et les inégalités de température, ont dû retarder leur jonction, donner lieu à des frottements mutuels, créer des portions de contour rectiligne et des formes polygonales, encore visibles à l'heure actuelle. Ces lignes de soudure apparaissent en creux, quand il y a eu rapprochement incomplet; en relief, quand la pression latérale a été assez forte pour redresser les bords en contact et les faire empiéter l'un sur l'autre. Dans chaque région, elles s'alignent suivant des directions qui correspondent à un changement périodique dans la marche des courants. Tous ces conflits amènent la formation de surfaces rugueuses et accidentées. Des ruptures nouvelles se produisent dans l'écorce déjà parvenue à une notable épaisseur. Les fragments détachés, jouissant encore d'une

certaine mobilité dans le sens horizontal, peuvent se disjoindre et donner naissance à ces larges vallées à fond plat dont il est aisé de relever plusieurs exemples[1].

Le refroidissement progressif de la surface, dû au rayonnement calorifique, amène une jonction toujours plus intime entre les scories flottantes et finit par constituer une croûte continue, une sorte de polyèdre à faces courbes formé de fragments ressoudés. À partir de ce moment, nous entrons dans une *seconde période*, celle où les laves qui s'accumulent en certains points, sous l'influence de l'attraction de la Terre ou de toute autre cause, ne rencontrent plus d'issues libres vers la surface et sont obligées de s'en créer de nouvelles, au prix d'efforts de soulèvements très énergiques. Dans une enveloppe encore médiocrement résistante, ces efforts se traduisent par la formation de crevasses. Des laves s'épanchent par la voie ainsi ouverte à la surface de la Lune, mais cet épanchement trouve bientôt son terme. L'effervescence qui l'a produit décroît et se porte sur d'autres points. Les laves répandues au dehors se solidifient en laissant aux régions qu'elles ont recouvertes l'aspect de plaines unies, et la fissure qui leur a donné naissance demeure, la plupart du temps, obstruée.

Le déversement des laves à la surface et les progrès de refroidissement ont, en définitive, pour résultat de rendre la croûte plus épaisse et plus homogène. La formation des crevasses rencontre, par suite, des difficultés de plus en plus grandes. L'écorce ne présente plus la plasticité nécessaire pour suivre pas à pas, comme elle devait le faire au début, tous les changements de forme du noyau liquide. Elle ne cède plus qu'en des points isolés, sous l'action de pressions intérieures assez puissantes pour la déformer. Cette *troisième période* est caractérisée par la formation d'intumescences suivies d'effondrements sur l'emplacement occupé aujourd'hui par les cirques.

Dans aucun cas, ces formes bombées ne paraissent avoir réussi à constituer des édifices stables. Nous n'en retrouvons plus aujourd'hui que l'assise inférieure, formant le rempart des cirques. Tout le reste de la voûte a dû s'affaisser par zones successives, à mesure que son appui lui était enlevé par le décroissement continu de la pression intérieure. La destruction a dû s'opérer en plusieurs fois, en commençant par le centre, comme le montrent de nombreux sillons concentriques au rempart des cirques. Le plus souvent, l'intérieur a été envahi par un épanchement liquide qui l'a transformé en une plaine unie, dont le nivellement parfait contraste avec l'aspect inégal des hauts plateaux.

[1] On trouvera de plus amples développements sur cette question dans une note insérée aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (séance du 8 juillet 1895).

Dans une écorce homogène, les affaissements successifs seraient limités par des cercles, ayant pour centre commun le sommet de l'intumescence. En fait, la présence de sillons rectilignes, traces de fractures antérieures imparfaitement ressoudées, paraît avoir déterminé des dérogations légères, mais fréquentes, à la forme circulaire. Ces sillons, dirigés d'ordinaire suivant des tangentes au rempart des cirques, se prolongent souvent aussi à l'intérieur de leur enceinte, ce qui montre qu'il n'y a pas eu fusion totale dans l'aire affaissée.

La même conclusion se tire de l'existence si fréquente des montagnes centrales. Il semble nécessaire, pour s'en rendre compte, d'admettre qu'un cône volcanique, aux flancs rapides, s'est formé vers le sommet de l'intumescence au point de la plus faible résistance, et qu'il a participé à l'affaissement général, tout en gardant une certaine prééminence par rapport au sol environnant.

Les pitons que nous observons aujourd'hui dans le fond des cirques seraient alors des témoins de leur origine, et certains phénomènes qui s'y rattachent recevraient ainsi une explication probable. Il est bien vrai que cette structure n'est pas habituelle aux volcans terrestres, dont l'élévation est due à l'entassement des matériaux rejetés plutôt qu'au soulèvement des couches. Mais cette différence ne doit pas nous surprendre, étant donnée la grande atténuation de la pesanteur à la surface de la Lune. Il est évident que la force d'expansion des gaz et des vapeurs a pu y accomplir des effets de soulèvement dont elle se montre incapable sur la Terre.

A la longue cependant, ces soulèvements doivent passer à l'état d'exceptions; la croûte devenue plus lourde et plus épaisse ne cède plus que sur des points faibles ou sur le trajet d'anciennes crevasses. Les manifestations volcaniques embrassent ainsi des aires de plus en plus réduites. La grandeur des cirques suit une marche décroissante et aboutit à l'apparition de formes coniques saillantes, petites mais stables, rappelant à certains égards les volcans terrestres. Au contraire, des mouvements d'ensemble, non précédés de soulèvements, demeurent possibles tant que la pression intérieure s'abaisse, et même ils doivent s'étendre à des surfaces d'autant plus grandes que la croûte est plus capable de se maintenir sans appui. Nous sommes ainsi conduits à distinguer une *quatrième période*, celle des affaissements généraux, donnant naissance aux vastes dépressions connues sous le nom de mers. Au début de cette période, la croûte de la planète peut être considérée, dans son ensemble, comme modelée sur une certaine figure d'équilibre du noyau fluide. La variation des forces extérieures et le refroidissement général provoquent dans cette figure d'équilibre des modifications continuelles que l'écorce solide ne peut suivre. Des plissements et des ruptures se produisent et isolent des régions où la pression extérieure tombe

au-dessous d'une certaine limite. Un coup d'œil sur les photographies d'ensemble montre que le contour de ces régions est, en général, circulaire et que leur distribution s'est faite suivant deux lignes principales, l'une peu inclinée sur l'équateur, la seconde, perpendiculaire à la première, composée de bassins plus vastes et en partie confondus. Cette disposition présente une analogie curieuse avec celle que l'on observe sur l'écorce terrestre. La première série des mers lunaires correspond aux fosses méditerranéennes, la seconde aux bassins de l'océan Pacifique. Les calottes polaires constituent sur les deux planètes des régions stables, auxquelles les affaissements généraux ne s'étendent pas.

L'effondrement d'une portion de croûte relève momentanément la pression interne. La masse fluide ainsi comprimée trouve une issue par les crevasses, reflue sur la région affaissée et la transforme en une mer unie. De cette plaine émergent souvent des sommets isolés, témoins du relief préexistant. La pression intérieure continuant à décroître, l'épanchement se ralentit et se limite au voisinage des crevasses, qui demeurent souvent indiquées par une veine saillante. L'affaissement peut se manifester de nouveau et s'étendre au delà de ses bornes primitives. Dans ce cas, on voit apparaître une deuxième crevasse circulaire décrite autour du même centre que la première. Il semble que l'on puisse expliquer ainsi les traits caractéristiques des mers et, en général, des grandes enceintes circulaires dénuées de remparts saillants.

Hâtons-nous de dire qu'il n'y a pas lieu de tracer une démarcation absolue entre les époques que nous avons tenté de caractériser, surtout entre la troisième et la quatrième. La présence de nombreuses enceintes à demi effacées ou submergées à la limite des mers prouve que la surface de la Lune était déjà abondamment semée de grands cirques quand les affaissements généraux se sont produits. La rareté des formations complètes et régulières dans l'espace occupé par les mers montre aussi que l'apparition des grands cirques était devenue chose exceptionnelle à l'époque où le niveau des mers s'est fixé. Il existe cependant quelques grands cirques, sans parler des formations moindres, dont la date paraît être plus récente. En tout cas, la multitude des petits entonnoirs semés dans toutes les parties de la Lune, l'existence de taches et de traînées qui recouvrent indifféremment les mers, les plateaux, les remparts et le fond des cirques prouvent sans réplique que toute activité n'a pas cessé sur la Lune avec la solidification de la surface des mers. Il y a donc lieu de distinguer une *cinquième période*, que notre satellite traverse peut-être même à l'heure actuelle. Les grands mouvements du sol semblent y être devenus très rares. Les matériaux des couches profondes, encore portés à une température

élevée, ne sont plus ramenés à la surface que par des éruptions volcaniques, analogues à celles que nous pouvons observer sur la Terre.

De nombreux orifices d'explosion se forment sur le trajet des sillons et des cassures refermées. De petits cônes éruptifs, analogues aux volcans terrestres, apparaissent aussi, souvent même sur les bourrelets qui sillonnent les mers. Des traînées blanches, parties de centres déterminés, rayonnent dans toutes les directions et s'étendent quelquefois à d'énormes distances en franchissant toutes les inégalités du sol. Aucun cirque n'interrompt bien distinctement le parcours des traînées et ne peut être rapporté avec certitude à une époque ultérieure. Leur âge récent est démontré par ce fait, qu'elles laissent absolument intact le relief des régions qu'elles traversent. Elles nous apparaissent ainsi comme la dernière manifestation des forces internes qu'il nous soit donné actuellement d'apercevoir à la surface de la Lune.

Ces curieux objets nous paraissent susceptibles de fixer notre opinion sur une autre question importante : nous avons énuméré plus haut (p. 20) les raisons qui nous portent à considérer les traînées de couleur claire comme des dépôts de cendres. Les vastes espaces qu'elles occupent, limités souvent par un périmètre circulaire, leur orientation inflexible à travers les régions les plus montagneuses, ne permettent pas de les considérer comme des crevasses, ni comme le résultat des émanations du sol qu'elles recouvrent. L'histoire des grandes éruptions terrestres montre, d'autre part, que les projections de cendres se font suivant la verticale et que leur dispersion à de grandes distances est uniquement l'œuvre des vents. La présence de traînées d'une grande étendue dirigées en tous sens apporte donc en faveur de l'existence passée d'une atmosphère sur la Lune une démonstration à laquelle il paraît difficile de se soustraire.

Nous avons encore à rappeler les taches sombres qui sont visibles en de nombreux points de la planète et qui se distinguent du sol environnant avec une netteté très grande. La situation de toutes ces taches au fond de cuvettes déprimées semble indiquer que ce sont des portions demeurées couvertes de nappes liquides à l'époque des grandes chutes de cendres, et qui ne se seraient desséchées qu'à une époque ultérieure.

Il nous semble que les traits les plus importants et les mieux caractérisés de la surface de la Lune peuvent rentrer dans le cadre qui vient d'être tracé. Nous n'avons pas eu, en définitive, à invoquer l'action de forces autres que celles que nous voyons à l'œuvre sur la Terre, et la disparité des effets peut être expliquée par la différence des conditions physiques.

Sur la Lune, en effet, le refroidissement s'est opéré avec une vitesse beaucoup

IMPRIMERIE NATIONALE.

plus grande, non seulement en raison du rapport plus élevé de la surface au volume, mais aussi parce que son atmosphère plus rare n'opposant qu'une barrière insuffisante au rayonnement, la lithosphère mince enveloppant la masse ignée s'est constituée dans un temps plus court et a emprisonné des masses de gaz relativement plus importantes. Cette première croûte, moins dense, selon toute apparence, que les couches initiales de l'écorce terrestre, soumise d'ailleurs à une pesanteur bien moins énergique, a dû être fréquemment soulevée non seulement pour livrer passage aux gaz enfermés, mais aussi sous l'action de marées dont notre globe n'a jamais connu l'équivalent. On ne doit donc pas s'attendre à retrouver à la surface de la Terre une image fidèle de tous les phénomènes lunaires. D'ailleurs, la Terre a passé par toute une série de phases géologiques qui n'ont jamais eu d'analogues sur notre satellite. Des couches de sédiments extrêmement épaisses ont recouvert les roches primitives et dans les aires relativement restreintes où celles-ci affleurent, leur relief a été absolument transformé par l'action des eaux.

Nous devons encore, avant de terminer ce résumé, nous demander si notre satellite doit être considéré comme arrivé au terme de son évolution et parvenu à un état de fixité complète. La perte de chaleur plus rapide du globe lunaire doit y clore plus tôt que sur la Terre la période des éruptions volcaniques. Celles-ci ne se conçoivent pas, en effet, sans l'intervention de températures élevées, capables de maintenir les roches, comprimées ou non, à l'état liquide. Elles doivent cesser dès que le point de fusion ne se rencontre plus que dans les couches profondes. Mais il n'est pas certain que cette ère de repos absolu soit déjà ouverte pour la Lune.

La comparaison des altitudes entre les plateaux et les fonds des cirques donne lieu de croire que, dans la période où ces derniers se sont formés, l'épaisseur de la croûte solide ne dépassait pas quelques milliers de mètres. On peut l'évaluer à 8,000 ou 10,000 mètres au plus pour l'époque des grands affaissements qui ont constitué les mers. Ce n'est encore qu'une bien faible fraction du diamètre lunaire, et l'on ne peut guère admettre que la planète, encore si éloignée du refroidissement complet, ait pu prendre dès lors sa figure définitive. En l'absence de toute indication précise sur l'ancienneté de ces phénomènes, il nous est permis de regarder comme encore possibles des mouvements généraux de l'écorce, ainsi que des accidents volcaniques, analogues à ceux qui ont amené la formation de traînées blanches. Nous pouvons donc espérer que la comparaison des photographies actuelles avec les documents passés ou futurs révèlera quelques étapes nouvelles dans l'évolution de notre satellite.

TABLE DES MATIÈRES.

Chapitre premier. — Introduction.

Pages.

Avantages de la méthode photographique pour la description de la surface de la Lune 2
Intérêt qui s'attache à cette étude 3
Aperçu des opérations à exécuter et des conditions d'exactitude à remplir 4
Limite de grandeur des détails susceptibles d'être interprétés dans les photographies 6
Choix de l'échelle la plus convenable pour la publication 7

Chapitre II. — Planche A.

Aperçu des principaux traits de la surface lunaire visibles vers l'époque du premier quartier 9
Distribution générale des mers, des cirques, des parties claires et sombres dans la moitié occidentale du disque 10
Considérations sur la marche du refroidissement du globe lunaire et sur les déformations qui doivent en être la conséquence 11
Coordonnées rectilignes de diverses formations visibles dans cette planche 13

Planche I. — Maginus, Orontius, Hell.

Faits généraux concernant l'apparition des cirques. — Formation des cirques parasites sur les enceintes primitives et à leur périphérie. — Enchevêtrement des cirques et cause probable de ces divers phénomènes. 14
Aspect uni des plaines déprimées comparées aux plateaux élevés. — Explication de cette différence. — Distribution des teintes 15
Alignement systématique de diverses formations visibles dans cette feuille 16
Coordonnées des principaux objets 17

Planche II. — Maurolycus, Walter, Stoefler.

Physionomie générale de cette région lunaire 18
Aspects différents de l'intérieur des cirques, leur classification. — Abondance exceptionnelle des taches blanches qui recouvrent cette partie du sol de la Lune. — Importance de ce phénomène au point de vue sélénologique. — Démonstration de l'origine volcanique de ces taches 19
Tableau des positions d'un certain nombre de taches blanches visibles dans cette feuille ou dans celles qui suivent 22
Modes divers de formation des cirques 22
Coordonnées des principaux objets 23

Planche III. — Arzachel, Alphonse, Ptolémée.

Description de quelques grands cirques. — Leur dimension et leur alignement systématique........... 23
Sillons rectilignes reconnaissables dans cette région. — Leur disposition en réseau.................. 25
Origine de ces sillons. — Leur antiquité relativement aux cirques. — Différences des teintes. — Taches sombres.. 26
Coordonnées des principaux objets.. 27

Planche IV. — Albategnius, Hipparque, Hyginus.

Sillons tangents au rempart des cirques. — Leur orientation................................ 27
Fissures de Triesnecker, Hyginus, Ariadæus. — Leurs principaux caractères et leur origine............ 28
Fosses intérieures d'Albategnius. — Indications chronologiques qui se déduisent de leurs différences de niveau.. 29
Particularités de divers cirques — Teinte sombre de la mer de la Sérénité et de quelques plaines unies. — Interprétation de ce double caractère.. 30
Coordonnées des principaux objets.. 31

Planche V. — Apennins, Caucase, Alpes.

Exemples de grands massifs montagneux visibles sur la Lune. — Comparaison avec les chaînes de montagnes terrestres. — Crevasses formées à la base des Apennins................................... 32
Indices d'affaissement constatés sur la mer des Pluies. — Vallée des Alpes. — Cassini................. 33
Coordonnées des principaux objets.. 34

Chapitre III. — Conclusions générales concernant la structure et l'histoire de l'écorce lunaire.

Remarques concernant la possibilité de l'existence d'une atmosphère sur la Lune. — Son importance actuelle et passée. — Rôle qu'elle a pu jouer dans la formation de l'écorce.............................. 35
Première période. — Phénomènes de jonction et de rupture des scories flottantes à la surface de la Lune. 37
Deuxième période. — Soudure de l'écorce et formation de crevasses. — *Troisième période.* — Genèse des cirques. — Origine des montagnes centrales.. 38
Quatrième période. — Affaissements généraux donnant naissance aux dépressions connues sous le nom de mers.. 39
Cinquième période. — Éruptions volcaniques. — Taches blanches et traînées divergentes........... 40
Considérations sur la différence d'aspect entre le sol de la Lune et celui de la Terre.................. 41



